

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL
METODOS, CRITERIOS DE SELECCION Y UNA
APLICACION EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO
DE CLORO INDUSTRIAL**

POR

ADRIANA LIÑAN MONTES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

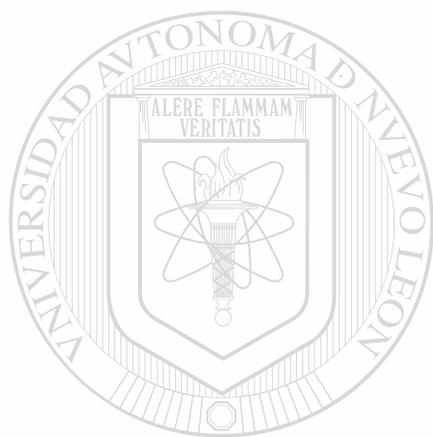
**GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL**

OCTUBRE, 1999

TM
TD182
.6
.L5
c.1



1080095015



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

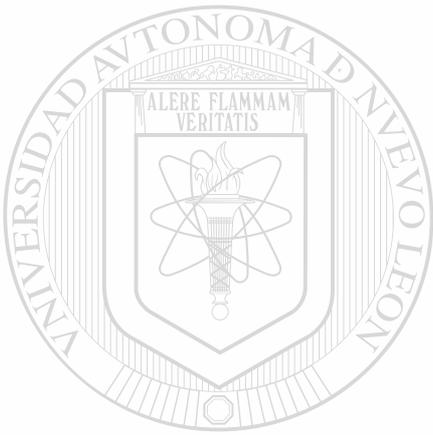
GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS

EN ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA AMBIENTAL

OCTUBRE, 1999



T 182
. 5



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

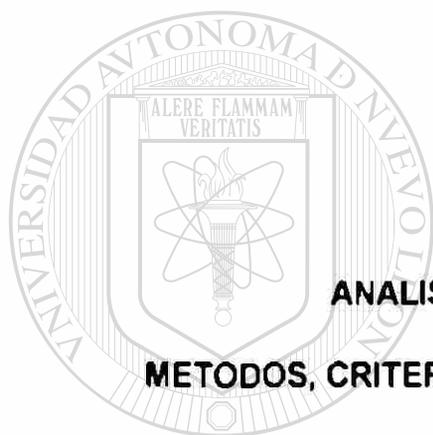
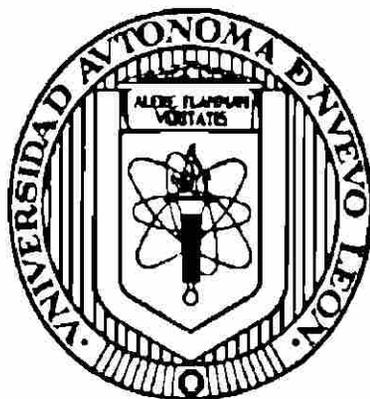
®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL

METODOS, CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UNA APLICACIÓN

EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Por

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

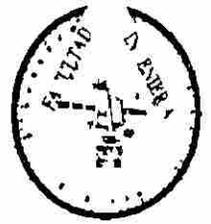
ADRIANA LIÑAN MONTES

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en
Ingeniería Ambiental**

Octubre, 1999

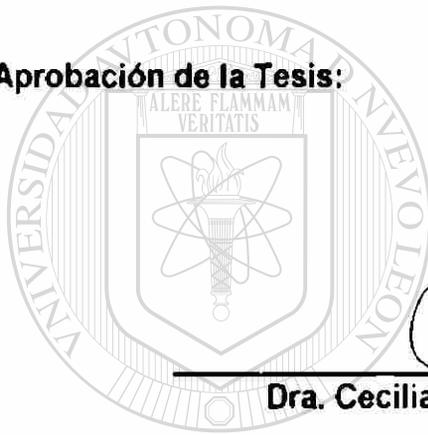


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL: MÉTODOS, CRITERIOS DE SELECCIÓN
Y UNA APLICACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO
INDUSTRIAL**

Aprobación de la Tesis:



Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarin
Asesora

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Dr. Ricardo González Alcorta.
Secretario de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

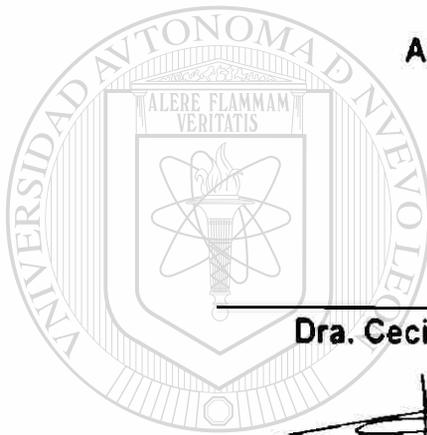
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL

METODOS, CRITERIOS DE SELECCION Y UNA APLICACION

EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL

Aprobación de Tesis



Dra. Cecilia O. Rodríguez González.
Directora de Tesis

Dr. Juan Manuel Barbarin Castillo
Evaluador

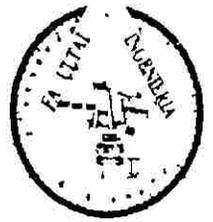
M.C. Victor Hugo Guerra Cobián
Evaluador

Dr. Ricardo González Alcorta
Subdirector de Posgrado

San Nicolás de los Garza, N. L., Octubre de 1999.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: LINAN MONTES ADRIANA

Tema de la tesis: ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL: METODOS, CRITERIOS DE SELECCION Y UNA APLICACION EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

NINGUNA

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nombre y firma de quien corrigió:

Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Secretario de Posgrado:

Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 21 de SEPTIEMBRE de 1999.

Monterrey, N L a 4 de Octubre 1999

DR RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Estimado Dr González Alcorta

Por este conducto me permito comunicar a usted que la Snta L Q I Adriana Liñán Montes, pasante de la Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido con su tesis titulada **"Análisis de Riesgo Ambiental: Métodos, Criterios de Selección y una Aplicación en el Almacenamiento y Manejo de Cloro Industrial"** por lo que no hay ningún inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra institución. He de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para que se le dé el trámite correspondiente en ese departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento quedo de Usted agradeciendo de antemano la atención

ATENTAMENTE,



Dra Cecilia Rodríguez de Barbarín
Asesora de Tesis

Monterrey, N L. a 4 de Octubre 1999.

DR RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN.

Estimado Dr. González Alcorta

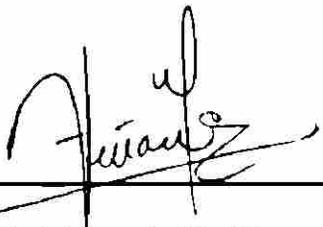
Solicito a usted de la manera más atenta la tramitación correspondiente para sustentar mi examen de grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental con la presentación del trabajo de tesis titulado "**Análisis de Riesgo Ambiental: Métodos, Criterios de Selección y una Aplicación en el Almacenamiento y Manejo de Cloro Industrial**", lo anterior de acuerdo al Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra Institución

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano sus atenciones a la presente quedo de usted

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ATENTAMENTE,



L. Q. I. Adriana Liñán Montes

Tesista

RESUMEN

ADRIANA LIÑÁN MONTES

OCTUBRE 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA: ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL: MÉTODOS, CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UNA APLICACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL.

No. de págs.280

Candidata al Grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental.

Área de Estudio: Riesgo Ambiental

Propósito y Método de Estudio: Los estudios de Riesgo Ambiental son instrumentos preventivos que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente introduce con el fin de proteger y preservar el medio ambiente, antes de llevar a cabo cierto tipo de proyectos que representarían un daño potencial para la población, sus bienes y para el ambiente. Sin embargo, debido a que nos encontramos en una zona industrial, como lo es Monterrey, es aún más importante el poder conocer y aplicar los diferentes métodos de análisis de riesgo existentes, para poder definir de manera precisa la magnitud y la probabilidad de Riesgo que las industrias ya establecidas poseen, con el propósito de controlar y mantener el Riesgo dentro de niveles aceptables para la seguridad de la población y el medio ambiente. El procedimiento que se utilizó para desarrollar el presente trabajo de investigación fue; la compilación de información acerca del tema, entrevistas con personas en instituciones académicas y en organismos gubernamentales y no gubernamentales relacionados con la problemática ambiental, la aplicación práctica en forma combinada de dos de los métodos para la evaluación del Riesgo de un cilindro de cloro gas instalado en una planta de tratamiento de agua y la simulación de los efectos y daños que ocasionaría la descarga total al ambiente del cloro contenido en el cilindro.

Contribuciones y Conclusiones: Al momento de efectuar un estudio de Riesgo es conveniente utilizar el o los métodos más adecuados tomando en cuenta las características de los métodos y el tipo de proceso industrial a evaluar. El determinar el Riesgo de manera cuantitativa y con la ayuda de un simulador, permite dimensionar en forma real las consecuencias de un accidente. En base a lo anterior se proponen las acciones preventivas necesarias que como resultado traerán la disminución del nivel del Riesgo Ambiental.

Asesora: Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarín



PROLOGO

El Estudio del Riesgo Ambiental es para los países desarrollados un tema muy familiar y siempre está presente en cualquier actividad que en ellos se desempeñe. De hecho el tema de Evaluación de Riesgos forma un apartado especial en ramas de la Ingeniería como la Química, Eléctrica, Ambiental y Mecánica.

En México a raíz de la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se muestra un mayor interés para entender lo que es el Riesgo Ambiental sus características como medirlo y como utilizar sus resultados evaluando los riesgos inherentes a las personas sus actividades edificios y la manipulación de sustancias o energía.

Este trabajo presenta tanto los antecedentes en materia de accidentes mayores que se han vivido en el mundo como la forma en que algunos organismos multinacionales han establecido compromisos para la preservación de la población y un mayor cuidado del medio ambiente.

Se expone también la situación actual de México en materia de Riesgo Ambiental su Legislación y la explicación de Análisis de Riesgo. Se analizan los métodos existentes para el análisis y evaluación del Riesgo y se propone una guía para facilitar la selección del o los métodos con la intención de desarrollar un estudio de Riesgo Ambiental confiable y preciso, aplicable tanto para Industrias en vías de instalación como para las que están ya instaladas. Se ilustra la combinación de dos de los métodos expuestos aplicados en la evaluación del Riesgo Ambiental de un sistema real que consiste de un tanque de cloro gas instalado en una planta de tratamiento de agua residual. Se lleva a cabo una simulación de los daños y efectos que pudiera ocasionar la emisión a la atmósfera del contenido total del tanque en el peor de los casos.

Un propósito final de este trabajo es que sea de utilidad para todas aquellas personas que de manera comprometida buscan mantener y controlar el Riesgo Ambiental dentro de niveles aceptables para la población, sus bienes y el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida

A mis padres y hermanos por su apoyo siempre incondicional en la realización de mis metas

A mis maestros por el esfuerzo constante que realizan al transmitir sus enseñanzas.

A mis compañeros y amigos por todos los momentos compartidos durante nuestra formación

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico

A la Dra Cecilia Rodríguez de Barbarín y al Dr Juan Manuel Barbarín por sus consejos apoyo y asesoría

Al Ing Omar Huerta Granados por su asesoría y apoyo en la realización de este trabajo

A la empresa Agua Industrial de Monterrey Sociedad de Usuarios, en especial al Ing Roberto Montemayor y al Sr Roberto Villarreal por su disponibilidad, cooperación y ayuda para la aplicación práctica de este trabajo

Al Instituto Nacional de Ecología, al Centro de Calidad Ambiental ITESM, a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Subsecretaría de Ecología del Gobierno de Nuevo León por la información proporcionada

Al Arq Ramón Longoria Ramírez por su valiosa colaboración

JUSTIFICACION

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establece actualmente tres modalidades de estudio del Riesgo para los proyectos de industrias que están por establecerse, en función del tamaño de la instalación y de la cantidad de sustancias peligrosas que se vayan a manejar en el proceso.

El Instituto Nacional de Ecología solamente proporciona las guías para la presentación de este tipo de estudios con la modalidad señalada, sin

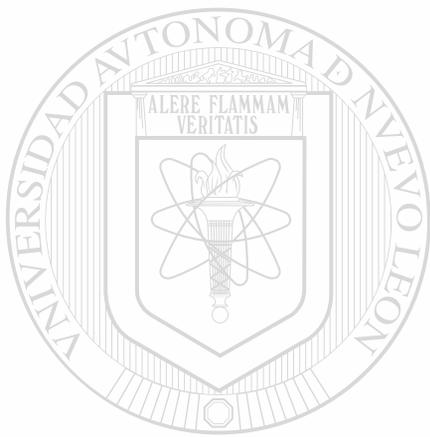
establecer cual es el método más conveniente para la evaluación del riesgo ambiental

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Debido a lo anterior se consideró importante realizar una recopilación de los métodos existentes y desarrollar una guía que oriente en la selección del método o los métodos para que el estudio de riesgo sea confiable y preciso

El conocimiento de estos métodos ayudará también a las industrias ya establecidas a evaluar su nivel de riesgo y a capacitar a su personal para la realización de estos estudios

Para mostrar una forma de aplicación práctica, en un caso real, se aplicó la metodología más adecuada para la evaluación del Riesgo Ambiental que representa un tanque de cloro utilizado durante el proceso de tratamiento de aguas residuales en una planta ya establecida.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

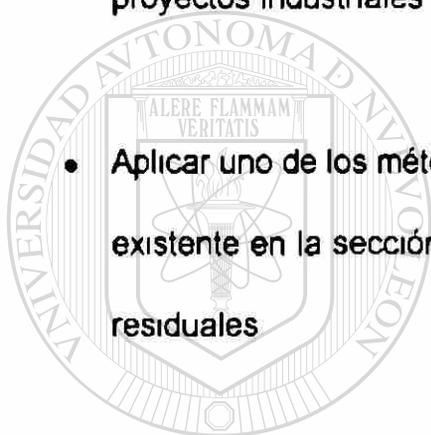
HIPOTESIS

- El método seleccionado para evaluar el Riesgo Ambiental, así como las variables utilizadas para su evaluación (tipo de sustancias utilizadas en el proceso, los procedimientos de operación, instalaciones de la planta, capacitación del personal, etc.) influyen en los resultados
- Una correcta medición de los Riesgos Ambientales en proyectos industriales o empresas ya instaladas representa para la comunidad una garantía de mayor seguridad al momento de su operación
- La medición de la frecuencia y severidad de cada accidente ayuda a definir la magnitud de riesgo y ayuda a identificar aquellos que requieren de mitigación inmediata
- Una industria puede conocer el Riesgo Ambiental que sus instalaciones representan y puede compararse con estándares generalmente aceptados de desastres naturales, accidentes creados por el hombre o con modelos adoptados por otros países

-
- Los resultados de una evaluación de Riesgo Ambiental ayudan a disminuir los accidentes en empresas ya instaladas y a prevenirlos en proyectos industriales

OBJETIVO

- Analizar los métodos que existen para evaluar el riesgo ambiental, para definir y destacar las ventajas y desventajas que cada uno presenta
- Establecer un procedimiento para seleccionar el método más adecuado para evaluar el riesgo ambiental de una manera confiable, tanto en proyectos industriales como en industrias ya instaladas
- Aplicar uno de los métodos discutidos en la evaluación de Riesgo Ambiental existente en la sección de cloración en una planta de tratamiento de aguas residuales
- Identificar las causas potenciales de riesgo y simular un evento considerando como escenario el peor de los casos
- Contribuir a la divulgación de la información concerniente a los métodos utilizados para evaluar el riesgo ambiental



UANL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1 INTRODUCCION	1
1 1 Antecedentes	1
1 1 1 Accidentes Importantes en el mundo	2
1 1 2 Situación Actual de los Países Desarrollados y en Vías de Desarrollo	7
1 1 2 1 Países Desarrollados	7
1 1 2 2 Países en Vías de Desarrollo	8
1 1 3 Compromisos Multinacionales	9
1 1 3 1 Directiva Seveso	10
1 1 3 2 OCDE	12
1 1 3 3 ONU	13
1 1 3 4 OIT	13
1 1 4 Situación Actual de México en cuanto a Prevención y Control de Accidentes Mayores en la Industria	14
1 1 5 Definición del Riesgo Ambiental	16
1 1 5 1 Clasificación de los Riesgos Ambientales	20
1 1 5 2 Analisis de Riesgo	21
<hr/> 2 LEGISLACION AMBIENTAL	<hr/> 23
2 1 Legislación Nacional en Materia de Riesgo Ambiental	23
2 1 1 Artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico aplicables en Materia de Riesgo Ambiental	27
3 TECNICAS DE EVALUACION DE RIESGO	33
3 1 Revisión de Seguridad	36
3 1 1 Descripción	36
3 1 2 Propósito	38
3 1 3 Tipos de Resultados	39
3 1 4 Recursos Necesarios	39
3 2 Lista de Verificación	41
3 2 1 Descripción	41
3 2 2 Propósito	42
3 2 3 Tipos de Resultados	43
3 2 4 Recursos Necesarios	43

Capítulo	Página
3 3	Análisis con Rango Relativo 45
3 3.1	Descripción 45
3 3.2	Propósito 48
3 3.3	Tipos de Resultados 49
3 3.4	Recursos Necesarios 50
3 4	Análisis Preliminar de Riesgo 52
3 4.1	Descripción 52
3 4.2	Propósito 54
3 4.3	Tipos de Resultados 55
3 4.4	Recursos Necesarios 55
3 5	Análisis de Probabilidad Condicionada 56
3 5.1	Descripción 56
3 5.2	Propósito 58
3 5.3	Tipos de Resultados 59
3 5.4	Recursos Necesarios 59
3 6	Análisis con Lista de Verificación y Probabilidad Condicionada 61
3 6.1	Descripción 61
3 6.2	Propósito 62
3 6.3	Tipos de Resultados 63
3 6.4	Recursos Necesarios 63
3 7	Análisis de Riesgos y Operatividad 64
3 7.1	Descripción 64
3 7.2	Propósito 67
3 7.3	Tipos de Resultados 67
3.7 4	Recursos Necesarios 68
3 8	Análisis de Modos de Falla y Efectos 69
3 8.1	Descripción 69
3 8.2	Propósito 70
3 8.3	Tipos de Resultados 71
3 8.4	Recursos Necesarios 71
3 9	Análisis de Arbol de Fallas 73
3 9.1	Descripción 73
3 9.2	Propósito 73
3 9.3	Tipos de Resultados 74
3 9.4	Recursos Necesarios 75
3 10	Análisis de Arbol de Eventos 77
3.10 1	Descripción 77
3 10.2	Propósito 78
3.10 3	Tipos de Resultados 78
3 10.4	Recursos Necesarios 79

Capítulo	Página
3 11 Análisis de Causa - Consecuencia	81
3 11 1 Descripción	81
3 11 2 Propósito	81
3 11 3 Tipos de Resultados	82
3 11 4 Recursos Necesarios	82
3 12 Análisis de Error Humano	83
3 12 1 Descripción	83
3 12 2 Propósito	84
3 12 3 Tipos de Resultados	84
3 12 4 Recursos Necesarios	85
4 SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS PARA UNA EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL.	 89
4 1 Factores que Influyen en la Selección	91
4 1 1 Motivación para el Estudio de la Evaluación de Riesgo	 93
4 1 2 Tipos de Resultados Necesarios	94
4 1 3 Tipo de Información Necesaria para Realizar el Estudio	 95
4 1 4 Características del Problema Analizado	97
4 1 5 El Riesgo Percibido de la Actividad o del Proceso en Estudio	 103
4 1 6 Recursos Disponibles y Preferencias	107
5 PROCESO DE TOMA DE DECISIONES PARA SELECCIONAR LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE RIESGO	 112
5 1 Propuesta del Criterio de Selección	116
5 1 1 Diagrama 'A' Lista General de Riesgos	119
5 1 2 Diagrama 'B' Lista de Alternativas para Mejorar la Seguridad	 121
5 1 3 Diagrama "C" Lista de Situaciones Específicas de Accidentes y Alternativas para Mejorar la Seguridad	 123
5.1 4 Diagrama "D" Lista de Accidentes y Alternativas para Mejorar la Seguridad, sin Realizar Evaluación Cuantitativa de Riesgo	 126
5 1 5 Diagrama "E" Identificación del Tipo de Falla que originó el Accidente	 129
5 1 6 Diagrama "F" Utilizar los resultados en un Estudio de Riesgo Cuantitativo	 132

Capitulo	Página
6 PROCEDIMIENTO PARA LA PRESENTACION DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL EN UN PROYECTO INDUSTRIAL	135
6 1 Estudio de Riesgo Ambiental	135
6 2 Modalidades existentes para la presentación de un Estudio de Riesgo Ambiental	137
6 2 1 Informe Preliminar de Riesgo	137
6 2 2 Análisis de Riesgo	138
6 2 3 Análisis Detallado de Riesgo	139
7 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL EN INDUSTRIAS YA ESTABLECIDAS	140
7 1 Información requerida para diferente tipo de Análisis	140
7.1.1 Auditoría Cualitativa de la Seguridad	141
7 1.1.1 Recopilación de la Información de Fondo	141
7 1.1.2 Inspección del Equipo de Seguridad	142
7 1.1.3 Revisión de Documentos	143
7 1.1.4 Preparación del Reporte	145
7 1.2 Evaluación de Riesgo Semi-Cuantitativo	146
7 1.2.1 Evaluación de los Niveles de Frecuencia y severidad	146
7 1.2.2 Clasificación de los Indices de Riesgo	148
7 1.2.3 Identificación de la Zona de Peligro	148
7 1.3 Evaluación Cuantitativa del Riesgo	150
7 1.3.1 Clasificación del Lugar	150
7 1.3.2 Cuantificación del Riesgo	151
7 1.3.3 Evaluación del Riesgo	156
7 2 Cotización para un Estudio de Riesgo Ambiental	158
8. EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL QUE REPRESENTA LA INSTALACIÓN DE UN TANQUE DE CLORO GAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	160
8.1 Descripción de la Instalación	161
8 1.1 Área de Operacion	163
8 1.2 Proceso de Cloración y Sistema de Dosificación	166

8 2 Descripción de los Efectos Físicos, Químicos y Toxicológicos del Cloro Gas	172
8 3 Método de Análisis de Riesgo.	176
8 3 1 Matriz de Riesgo	178
8 4 Análisis de Consecuencias del Lugar	180
8 4 1 Estándares de Riesgo para la Salud	181
8 4 2 Modelo de Dispersión en el Aire	183
8 4 3 Distribución de la Población	189
9 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO	191
9 1 Identificación de los Peligros potenciales	191
9 1 1 Preguntas Generales	191
9 2 Factores de Riesgo. Diagrama de Causas Potenciales y Hojas de Trabajo para su Medición.	195
9 3 Identificación de las situaciones de Mayor Riesgo.	209
9 4 Escenarios de Fugas	210
9 5 Modelado	210
9 6 Comparación de los Resultados del Modelado con los Estándares de Riesgo	217
9 6 1 Grado de Afectación	218
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	236
BIBLIOGRAFÍA	242
APÉNDICES	

-
- APÉNDICE A - Guía para la Elaboración del Informe Preliminar de Riesgo
 - APÉNDICE B - Guía de Elaboración Modalidad Análisis de Riesgo
 - APÉNDICE C - Guía para la Elaboración del Análisis Detallado de Riesgo
 - APÉNDICE D - Plano de la Zona de San Nicolás de los Garza Nuevo León
 - APÉNDICE E - Planta de Conjunto de AIMSU

INDICE DE TABLAS

Tabla No.		Página
1	Accidentes graves registrados en Estados Unidos	5
2	Accidentes graves registrados en Francia	6
3	Sustancias Inflamables y Explosivas	32
4	Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas sobre sustancias peligrosas	32
5	Tiempo estimado al utilizar la técnica de Revisión de Seguridad	40
6	Tiempo estimado al utilizar la técnica de Análisis con Lista de Verificación	44
7	Tiempo estimado al utilizar la técnica de Análisis de Rangos Relativos	52
8	Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis Preliminar de Riesgo	56
9	Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What -If)	60
10	Tiempo estimado al utilizar el método combinado de Lista de Verificación (Checklist) con la técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What -If)	64
11	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP)	69
12	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Modos de Falla y Efectos	72
13	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Arbol de Falla	77
14	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Arbol de Eventos	80
15	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Causa - Consecuencia	82
16	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Error Humano	87
17	Factores que influyen en la selección de las técnicas de Evaluación de Riesgo	91
18	Información típica necesaria para un Análisis de Riesgo	96

Tabla No.		Página
19	Tipos de Procesos en los que se puede realizar una Evaluación de Riesgo	100
20	Tiempos Estimados para realizar un estudio de Evaluación de Riesgo	111
21	Niveles ERPG 3 y IDLH para algunas sustancias químicas seleccionadas	149
22	Probabilidades de ocurrencia que conducen a un escape de cloro debido a la falla de la manguera	153
23	Efectos del cloro sobre la salud a diferentes Concentraciones	174
24	Condiciones meteorológicas que definen las clases de estabilidad Pasquill	188
25	Censo Poblacional Zona de San Nicolás	190
26	Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD) SIMA estación Noreste Enero - Febrero, 1999	212
27	Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD), SIMA estación Noreste, Marzo - Abril 1999	213
28	Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD) SIMA estación Noreste, Mayo - Junio, 1999	214
29	Resultados de la Simulación de un evento de fuga de cloro gas bajo diferentes condiciones	218

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Legislación Mexicana en materia de prevención y atención a accidentes químicos	26
2	Proceso para toma de decisiones	114
3	Diagrama para seleccionar una técnica de Evaluación de Riesgo	119
4	Diagrama "A" para obtener una lista general de riesgos	120
5	Diagrama "B" para obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad	122
6	Diagrama "C" para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y alternativas para mejorar la seguridad	125
7	Diagrama "D" para obtener una lista de accidentes y alternativas para mejorar la seguridad sin llegar a ser una evaluación cuantitativa	128
8	Diagrama "E" para identificar el tipo de falla que está originando el accidente	131
9	Diagrama "F" para utilizar los resultados en un Estudio de Riesgo Cuantitativo	134
10	Procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de Riesgo Ambiental	136
11	Arbol de Falla para ruptura de manguera conectada a un carro tanque de cloro	152
12	Contornos peligrosos de un incendio en un tanque de hexano y de una nube explosiva de propano	154
13	Procedimiento para conteo de población expuesta	158
14	Perfil de Riesgo Social	159
15	Planta de Conjunto de AIMSU	164
16	Instalaciones del tanque de cloro gas	168
17	Válvula dosificadora de abertura variable	170
18	Diagrama de bloques del proceso de desinfección del agua tratada por cloración	171
19	Sistema de distribución del cloro gas en la planta tratadora de agua residual	172
20	Esquema conceptual del modelo PUFF	184

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
21	Identificación de Riesgos en el sistema de distribución del cloro gas en la planta tratadora de agua residual	196
22	Matriz de Riesgo 4 X 4	197
23	Gráficas de la dirección del viento Enero-Marzo 1999	215
24	Gráficas de la dirección del viento Abril-Junio 1999	216
25	Vista en planta de AIMSU con zona de afectación	240
26	Vista del plano de San Nicolás con zona de afectación	241



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

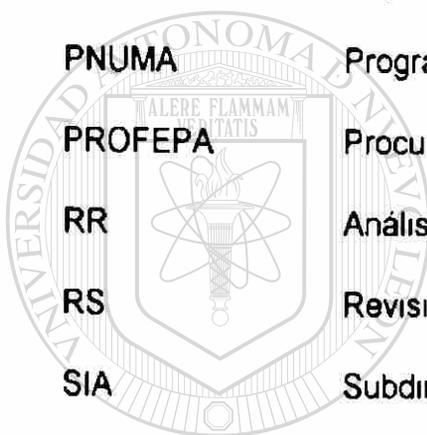


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

NOMENCLATURA

ACC	Análisis de Causa-Consecuencia
AE	Análisis de Arbol de Eventos
AEH	Análisis del Error Humano
AF	Análisis de Arbol de Fallas
AMFE	Análisis de Modo de Falla y Efectos
APC	Análisis de Probabilidad Condicionada
APC/LV	Análisis de Probabilidad Condicionada/Lista de Verificación
APELL	Programa para la Concientización y Preparación de Emergencias a Nivel Local.
APR	Análisis Preliminar de Riesgo
ARO	Análisis de Riesgos y Operatividad
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
DGNA	Dirección General de Normatividad Ambiental
ERA	Estudio de Riesgo Ambiental
INE	Instituto Nacional de Ecología
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
LV	Lista de Verificación
MIA	Manifiesto de Impacto Ambiental

NOM	Norma Oficial Mexicana
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OIA	Oficina de Industria y Ambiente
OIT	Organización Internacional del Trabajo
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RR	Análisis de Rangos Relativos
RS	Revisión de Seguridad
SIA	Subdirección de Impacto Ambiental
SRA	Subdirección de Riesgo Ambiental



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Desde siempre la humanidad ha tenido que afrontar los **riesgos** que surgen de la necesidad de obtener los recursos indispensables para su subsistencia.

Por ejemplo, ha tenido que labrar tierras fértiles ubicadas frecuentemente cerca de grandes ríos, en áreas inundables, habitar en áreas sísmicas o sobre los costados de los volcanes donde se halla expuesto a las erupciones. ha tenido

que vivir en zonas propensas a fenómenos destructivos de origen humano tales como la contaminación, derrames de sustancias peligrosas, incendios y

explosiones. El hombre ha tenido necesidad de maximizar la disponibilidad de recursos indispensables para la subsistencia y de minimizar los **riesgos** que enfrenta para conseguirlos.

Actualmente el significativo desarrollo industrial y el creciente aumento demográfico han contribuido a que tanto la producción de sustancias químicas y materiales peligrosos, como el uso masivo de ellos, incrementen la probabilidad de que los **riesgos** se tornen en accidentes que ocasionan efectos adversos en

la salud y bienes de la población y la integridad del ambiente. Existe una marcada diferencia entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo en lo referente al manejo de estos riesgos, lo cual se analizará más adelante.

La continua amenaza de una catástrofe química está impulsando a las autoridades de todo el mundo a desarrollar e implantar una legislación más estricta para minimizar o eliminar el riesgo potencial que representan estos eventos.

Es esencial elaborar normas legales y crear instituciones para hacer frente a los incipientes problemas y a los peligros ambientales. Cada día la industria enfrenta mayores presiones para mejorar su desempeño ambiental y reducir los peligros y riesgos que ella genera.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.1.1 Accidentes Importantes en el Mundo

Debido a los accidentes industriales que se han registrado en el mundo y que han marcado nuestra época, la sociedad se ha visto obligada a pensar en el riesgo y buscar los medios adecuados para cuantificarlo y además dominarlo.

Como ejemplos de estos accidentes tenemos los siguientes:

- En una refinería en Feyzin, Francia, el 4 de Enero de 1966 una esfera de propano con capacidad de almacenamiento de 1200 m³ presentó una fuga del hidrocarburo en el momento de realizar la operación de purga del tanque. El gas liberado se extendió hasta una autopista y un automóvil que pasaba por la carretera en ese momento, provocó el incendio y la posterior explosión de dos esferas más de almacenamiento, la red de distribución de agua contra incendios no había sido dimensionada para extinguir el fuego de la carretera y a la vez enfriar las esferas de almacenamiento provocando por este accidente la muerte de 17 personas del equipo de socorro y dejando además a 84 personas heridas, así como enormes pérdidas materiales

- Otro accidente registrado de fatales consecuencias ocurrió en Flixborough, cerca de Londres, el 1 de Junio de 1974, en una fábrica que produce un

compuesto intermedio del nylon. El accidente se presentó cuando en el reactor No 5 de la unidad de oxidación por aire del ciclohexano se produjo una fisura en las paredes externa e interna. Se decidió retirar este reactor y conectar los reactores No 4 y 6 a través de una línea de conducción. El diámetro de los fuelles era de 70 cm, pero la fábrica al no contar con el material sustituto adecuado utilizó tubos de 50 cm. Se efectuó la conexión utilizando el tubo de 50 cm de diámetro y una placa y una brida para su ajuste. Esta modificación funcionó durante dos meses, sin embargo se empezaron a presentar fugas y se tuvo que detener el proceso. Dos días después se puso en marcha nuevamente pero aparecieron nuevas fugas, la temperatura y la presión

comenzaron a aumentar hasta que el tubo de 50 cm de diámetro se rompió ocasionando la liberación de 50 toneladas de ciclohexano caliente presurizado. La nube formada se incendió 30 segundos después provocando una explosión que afectó 50 km a la redonda. Las casas situadas a 600 metros quedaron destruidas, las construcciones dañadas fueron más de 2 400. Veintiocho de las setenta y dos personas que laboraban en el lugar murieron, y treinta y seis quedaron heridas. Hubo otras 53 personas heridas en el exterior de la planta.

- En Seveso, Italia, el 20 de Julio de 1976 una empresa fabricante de herbicidas liberó al ambiente una nube tóxica de 2,3,7,8-tetraclorobenzo-p-dioxina la cuál se formó al elevarse de manera incontrolada la temperatura de reacción del proceso de síntesis del ácido triclorofenoxiacético, ocasionando la muerte de casi 100 000 animales que pastaban y además afectó a la población con problemas gastrointestinales y cloroacné. Las pérdidas materiales fueron de

aproximadamente de 86 400 dólares (1)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- Otro accidente de grandes consecuencias ocurrió en Bhopal India, el 4 de Diciembre de 1984 cuando 40 toneladas de isocianato de metilo se escaparon de un tanque de almacenamiento subterráneo en una planta fabricante de plaguicidas. Como resultado del accidente murieron más de 2 500 personas. 50 000 personas sufrieron lesiones severas y otras 200 000 tuvieron que recibir atención médica menor. El impacto económico fue considerable el que se calculó en alrededor de 3 mil millones de dólares (2)

La experiencia de Estados Unidos con respecto a accidentes mayores en las actividades industriales es también aleccionadora. Entre 1982 y 1986 ocurrieron alrededor de 11 000 accidentes que involucraron la liberación de sustancias tóxicas, las cuales ocasionaron 309 muertes y 11 341 lesionados.

En los últimos 25 años, 17 de los accidentes ocurridos en Estados Unidos difundieron cantidades de sustancias tóxicas superiores a la cantidad de isocianato de metilo liberado en el accidente de Bhopal, India. Las consecuencias de dichos accidentes fueron mitigadas considerablemente gracias a la planeación y la eficaz respuesta en el momento de la emergencia.

(3)

Algunos otros accidentes graves registrados en los Estados Unidos (4) se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1

Accidentes graves registrados en Estados Unidos

TIPO DE ACCIDENTE	EFFECTOS	LUGAR Y FECHA
Explosión en una unidad de producción de polietileno	Muerte de 23 trabajadores lesiones a 120 personas daños materiales por mil millones de dólares	Pasadena Texas Octubre de 1986
Explosión de un carro de ferrocarril que liberó una nube de ácido sulfúrico y trióxido de azufre	Se atendieron a 24 000 personas	Richmond, California
Liberación de nube de ácido clorhídrico y explosión en una planta	Se evacuó a 6 000 residentes	Elyria, Ohio Agosto de 1993

Francia también ha vivido numerosas experiencias de desastres tecnológicos, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2

Accidentes graves registrados en Francia

TIPO DE ACCIDENTE	EFFECTOS	LUGAR Y FECHA
Liberacion de gas licuado por ruptura de tanque de almacenamiento	Efectos termicos en areas circulares en torno a la instalacion	Feyzin Francia Enero de 1966
Incendio y explosion de un deposito que almacenaba liquido altamente inflamable	Muertes y lesiones ocasionadas por el fuego por ondas de choque o proyectiles, generados durante las explosiones	Chateauroux Francia Marzo, 1981
Explosion de un arsenal	Muertes y lesiones por propagacion de ondas de choque y efectos termicos	Paris, Francia 1974

Fuente: Guide of urban development around high risk industrial sites Secretary of State to the Prime Minister for the Department of the Environment, Francia 1990

En México el proceso de Industrialización se dio de manera acelerada a partir de la década de 1940, transformándolo de un país agrícola-minero a uno del tipo industrial-agricola-minero.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

De manera general este cambio no fue acompañado de la conformación de la estructura tecnológica de personal experto, trabajadores capacitados y de bases del conocimiento requeridos para realizar de manera segura actividades riesgosas que involucran el manejo de sustancias peligrosas

Como ha ocurrido en otros países, México no ha sido ajeno a las experiencias dolorosas, y a veces fatales, resultantes de accidentes en los que dichas sustancias se han difundido en el ambiente o han ocasionado incendios

y explosiones graves, como los ocurridos en San Juan Ixhuatepec en 1984, al explotar un depósito de gas licuado de petróleo. En la Ciudad de Guadalajara Jalisco, en 1992, cuando explotó una sección de la red de drenaje y alcantarillado por la presencia de gasolina y residuos químicos industriales (5) ó el caso más reciente que ocurrió en la Cd de México en 1996 (6), donde explotó un tanque de almacenamiento de Hidrógeno de 25 000 litros de capacidad en una fábrica de aceites y jabones, provocando una muerte, 41 lesionados, daños en 136 viviendas y en 25 autos.

1 1.2. Situación actual de los países desarrollados y en vías de desarrollo con respecto a la prevención, atención y control de accidentes tecnológicos

Existe una marcada diferencia entre los países industrializados y los que están en vías de desarrollo en cuanto a la magnitud de los riesgos tecnológicos que enfrentan y su capacidad de respuesta ante las emergencias.

1 1.2.1. Países Desarrollados

Por su alto grado de industrialización, los países desarrollados cuentan con un número mayor de empresas que manejan volúmenes considerables de sustancias químicas peligrosas, en comparación con los países en vías de desarrollo.

Los países desarrollados iniciaron sus procesos de Industrialización en el curso de los últimos 200 años; ello ha contribuido al desarrollo de tecnologías industriales y de control, poseen una mayor capacidad de producción, mejor infraestructura y más recursos económicos para prevenir y hacer frente de manera adecuada a los accidentes químicos. Estos países cuentan con un gran número de especialistas tanto para evaluar sus riesgos como para mitigar sus efectos. Además, como sus problemas de saneamiento básico se encuentran ya resueltos, su prioridad de salud pública coincide con la necesidad de prevenir y controlar la exposición a sustancias químicas dispersas en el ambiente, por lo que se fomentan y aplican medidas efectivas para lograr el manejo y la eliminación ambientalmente segura de dichas sustancias. (7)

1.1.2.2 Países en Vías de Desarrollo

En los países en vías de desarrollo la industrialización ha sido tardía, centralizada a unos cuantos polos densamente poblados y a expensas de la importación de tecnologías obsoletas, altamente contaminantes y consumidoras de energía, con altos riesgos de que ocurran accidentes que liberen sustancias químicas peligrosas al medio ambiente.

Los principales problemas de salud pública son: falta de agua potable, desnutrición y deficiencia en el saneamiento básico. Estos problemas requieren de atención prioritaria, sobre todo porque se observa una gran falta de

preparación técnica y de recursos tecnológicos para prevenir y hacer frente a los accidentes que involucran el manejo de sustancias químicas peligrosas y la baja prioridad que las autoridades de salud conceden a los riesgos derivados de ellos

En la mayoría de estos países las regulaciones sobre sustancias y materiales peligrosos, y sobre las actividades de alto riesgo, son inexistentes, insuficientes y no se verifica ni refuerza su cumplimiento

Estos países atraviesan severas crisis económicas, predominan las micro, pequeñas y medianas empresas, cuyos propietarios carecen de capacitación gerencial y ambiental y sus trabajadores generalmente ignoran los peligros que pudieran presentar las sustancias y materiales que manejan, por lo que no dan importancia al establecimiento de medidas de seguridad.

Debido a la deficiente conciencia social que a nivel mundial se ha venido observando con respecto a los riesgos de accidentes tecnológicos y a la falta de voluntad política para afrontarlos correcta y cabalmente, tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados, diversas organizaciones de carácter internacional han venido a promover y establecer la instrumentación de lineamientos para prevenir, preparar y responder a los accidentes químicos (7)

1 1 3 1 Directiva Seveso

Los esfuerzos hechos internacionalmente en materia de legislación ambiental con respecto a los riesgos se iniciaron en 1982 en la Unión Europea, mediante un organismo multinacional conformado por 15 países Alemania, Austria, Bélgica Dinamarca, España Francia, Grecia Finlandia, Holanda Irlanda Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido y Suecia El 24 de junio de 1982 se estableció la Directiva Seveso 82/501/CEE relativa a "los riesgos de accidentes mayores en determinadas actividades industriales" Fue la primera Directiva en su género que se aprobó con el fin de evitar accidentes como el ocurrido en Seveso, Italia en 1976 Dicha Directiva entró en funciones el 8 de enero de 1984, en el caso de instalaciones nuevas y en enero de 1985, en el de las instalaciones existentes

El objetivo de ésta Directiva es que todos sus países miembros legislen sobre los riesgos de accidentes mayores para determinadas actividades industriales que puedan afectar al hombre y al ambiente, tanto dentro como fuera de las áreas de las industrias afectadas

El artículo 5 de la Directiva Seveso es el más importante ya que obliga a los países miembros a contar con una legislación que solicite a los industriales estudiar los peligros que presentan sus actividades y concretar el resultado de sus estudios en un documento de síntesis, que debe ser notificado a la autoridad competente designada para tal efecto.

Las experiencias que se han tenido con la aplicación de la Directiva Seveso en los diversos países miembros, y las deficiencias encontradas, llevaron a proponer 2 modificaciones, la primera fue la versión 87/216/ CEE del 19 de marzo de 1987, en la que se realizaron modificaciones en el listado de las sustancias y las cantidades clasificatorias, y la segunda versión 88/610/CEE del 24 de Noviembre de 1988, en donde se introdujeron otras dos modificaciones:

- La ampliación del campo de aplicación, que abarca a los almacenes de productos peligrosos.
- El reforzamiento de las disposiciones concernientes con la obligación de informar al público

De igual forma se propuso la revisión y adecuación de la Directiva para incluir controles para la planificación urbanística y alcanzar una comprensión mutua y una armonización de los principios y prácticas nacionales sobre los informes de

seguridad

Existe una propuesta de sustitución de la Directiva 82/501/CEE por otra nueva con el fin incorporar nuevas medidas que reflejen las buenas prácticas actuales en el ámbito de la gestión del riesgo así como disposiciones que mejoren su aplicación. Esto implica reforzar el marco legislativo sobre la prevención de accidentes graves para garantizar un mayor nivel de protección a las personas y al ambiente, basándose en los siguientes principios

- Acción preventiva y correctiva, de preferencia en la fuente misma
- Identificación de los impactos sobre el medio ambiente
- Aplicación del principio de "quién contamina limpia o remedia" (8)

1.1.3 2 Organización de Cooperación y Desarrollo Económico

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) es una organización multinacional cuyo objetivo es apoyar a sus países miembros para alcanzar un alto crecimiento económico y de empleo, así como elevar el nivel de vida y proteger al mismo tiempo la salud y el bienestar de sus habitantes y su ambiente

Es una organización que promueve el desarrollo sustentable a partir de la cooperación internacional

Los países que la conforman son Alemania, Australia Austria Bélgica Canadá, Dinamarca España Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia Holanda, Irlanda Italia, Japón Luxemburgo Noruega Nueva Zelandia, Portugal Reino Unido Suecia Suiza y Turquía El 5 de abril de 1994 México firmó el documento de adhesión a la OCDE constituyéndose en el vigésimo

quinto país miembro de la Organización De 1995-1996 se integraron cuatro países más Corea Polonia, República de Checoslovaquia, Hungría dando un total de 29 países miembros

En 1988 debido a que se detectó la necesidad de cooperación internacional para prevenir los accidentes químicos y preparar una respuesta oportuna y eficiente, se estableció el programa de la OCDE sobre "Accidentes que involucran sustancias peligrosas"

Aún y cuando la OCDE no es un organismo que establece regulaciones ni cuenta con un sistema jurídico para juzgar los incumplimientos de los Actos de Consejo como es el caso de la Directiva Seveso las decisiones que emite la

OCDE tienen un carácter vinculatorio, por lo que los países miembros deben desarrollar acciones para instrumentarlas. La OCDE se ha constituido en un foro sumamente efectivo para alcanzar resultados concretos y prácticos en el área de prevención, preparación y respuesta a accidentes químicos (9)

1 1 3 3 Organización de las Naciones Unidas

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), en su Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), estableció en 1988 a través de su Oficina de Industria y Ambiente (OIA) un programa para la Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local, llamado APELL de sus siglas en inglés

Además, diversos organismos del sistema de las Naciones Unidas han creado bancos de datos y publicado experiencias exitosas de industrias que

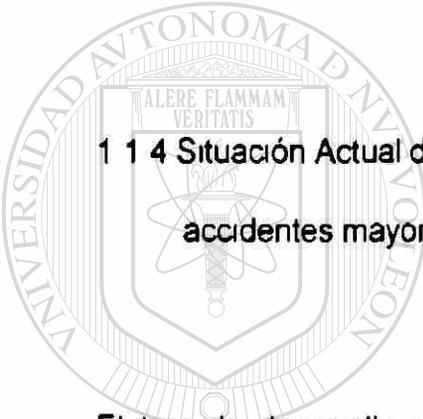
han introducido procesos limpios y seguros de producción, también han elaborado lineamientos y han desarrollado talleres para orientar a los empresarios sobre el establecimiento de programas gerenciales para mejorar su desempeño ambiental y adoptar tecnologías limpias (10)

1 1 3 4 Organización Internacional del Trabajo

El 22 de junio de 1993 la Organización Internacional del Trabajo (OIT) adoptó el convenio sobre la Prevención de Accidentes Industriales Mayores

No. 174, el cual complementa al convenio No. 170 y a la recomendación No 177 de 1990 sobre la Seguridad en la Utilización de los productos químicos en el Trabajo y las recomendaciones prácticas para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores. (5)

En este convenio se resalta la necesidad de velar porque se adopten todas las medidas apropiadas para prevenir accidentes mayores, reducir al mínimo sus riesgos y reducir al mínimo las consecuencias de esos accidentes



1.1.4 Situación Actual de México en cuanto a prevención y control de accidentes mayores en la Industria

El tipo de desarrollo económico que tuvo lugar en el país dio lugar a la concentración industrial en unos cuantos polos y trajo consigo un crecimiento urbano acelerado y frecuentemente desordenado. Esto es lo que ha ocurrido en las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. En menor grado, en el estado de Veracruz, se han desarrollado zonas industriales en las que predomina la industria petrolera de extracción, refinación y producción petroquímica. En la región de la frontera Norte, donde se encuentran Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas, han proliferado las industrias denominadas maquiladoras, instaladas con capital extranjero, con el propósito de generar productos de exportación. Se calcula

que existen alrededor de 1 408, caracterizadas por generar residuos peligrosos (11)

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) elaboró un documento en donde integró todos los accidentes químicos ocurridos en México en el período de 1990-1993. En él se identifican 370 incidentes de los cuales alrededor del 70% tuvieron lugar en el interior de instalaciones en las que se manejan o almacenan sustancias químicas peligrosas.

Un análisis por entidad federativa nos indica que estos accidentes ocurrieron en las entidades más industrializadas como el Estado de México, el Distrito Federal Veracruz y Jalisco

Nuestro país, por otro lado, se encuentra ubicado en una región en la que se presentan con alta probabilidad diferentes fenómenos naturales que pueden conducir a importantes daños a las instalaciones industriales los cuales a su vez pueden dar lugar a explosiones y otro tipo de fallas favoreciendo el que

ocurra algún accidente de gravedad

Con el objeto de prevenir daños de consideración es necesaria la aplicación de las diversas técnicas que existen para evaluar el riesgo en las Industrias ya instaladas así como el establecimiento de políticas de uso de suelo que eviten la co-existencia de zonas urbanas o ecológicamente sensibles y áreas industriales de alto riesgo (12)

1.1.5 Definición del Riesgo Ambiental

Con el fin de tener un claro entendimiento del porqué es necesaria la regulación o legislación del riesgo, debemos primero definir lo que significa el **riesgo**

En general, "Riesgo" es la probabilidad de que ocurra algún evento no deseado. El evento no deseado produce un daño.

El "Daño", definido formalmente, es "la pérdida de alguna cualidad inherente que ha tenido alguna entidad" (Warner 1992), o expresado de manera general es "alguna cosa que me gustaría evitar" (14)

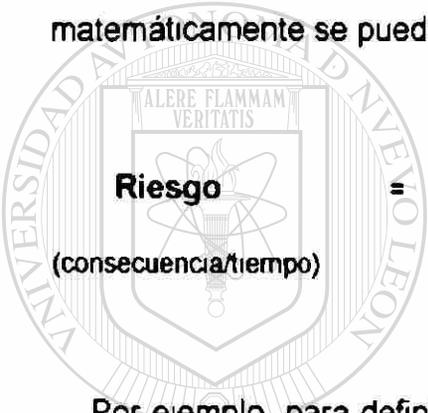
Algunas otras definiciones de Riesgo que se han manejado a lo largo del tiempo son:

- "Probabilidad de daño, pérdida o trauma" (Lee and Nair, 1979)
- "Probabilidad de accidentes y enfermedades que terminan en trauma o muerte" (Inhaber, 1982)
- "Medida de la probabilidad y severidad de efectos adversos" (Conway, 1982)
- "Es una función de la probabilidad de que un evento ocurra y la magnitud o severidad del evento ocurrido" (Berger, 1982) (13)
- "Es la probabilidad de que el potencial de peligro llegue a convertirse en daño" (ONU, 1995) (14)

Para el caso del Análisis de Riesgo, dos definiciones (14) son las más utilizadas:

1. Es la probabilidad de un evento adverso.
2. Es la probabilidad de un evento adverso, multiplicado por la extensión del daño causado.

Esta última definición actualmente es la más utilizada (15) y matemáticamente se puede definir así.


$$\begin{array}{ccccc} \text{Riesgo} & = & \text{Frecuencia} & \times & \text{Magnitud} \\ \text{(consecuencia/tiempo)} & & \text{(evento/tiempo)} & & \text{(consecuencia/evento)} \end{array}$$

Por ejemplo, para definir el riesgo de muerte en accidentes automovilísticos

en E.U.A., se conoce que su frecuencia es de 15 millones de accidentes por año y se tiene registrada una muerte por cada 300 accidentes

frecuencia = 15×10^6 accidentes por año

magnitud = 1 muerte por cada 300 accidentes

entonces el riesgo será:

Riesgo = frecuencia x magnitud

$$= 15 \times 10^6 \times (1/300)$$

$$= 50,000 \text{ muertes/ año}$$

Los significados de los términos utilizados para definir el riesgo (21) son los siguientes:

Peligroso Es una condición física o química que tiene el potencial de causar pérdida de vida, de alguna propiedad o de daños al ambiente

Evento Es un incidente no planeado o una serie de incidentes que ocurren para producir una consecuencia

Consecuencia Es una medición del resultado de un evento.

La probabilidad de que ocurran eventos de riesgo varía, en función de las circunstancias y de la población expuesta o susceptible en diferente grado a ese riesgo. Como ejemplo, podemos observar que la probabilidad de ser golpeado por un carro al cruzar una calle de la Cd. de México es mayor que cuando esto se hace en una pequeña población rural.

Probabilidad Es una medida de la frecuencia de ocurrencia de un evento

Si por ejemplo una moneda es lanzada 1000 veces y 500 veces cayó del mismo lado de una de sus caras, se estima que la probabilidad es de

$$500/1000 = 0.5$$

En el caso del Análisis de Riesgo, la probabilidad es expresada como evento esperado por año o por el tiempo de vida de la instalación.

Ejemplo, la probabilidad de falla de la válvula A, se expresa como.

Número de fallas de la válvula A / en el año ó

Número de fallas de la válvula A / desde que se instaló

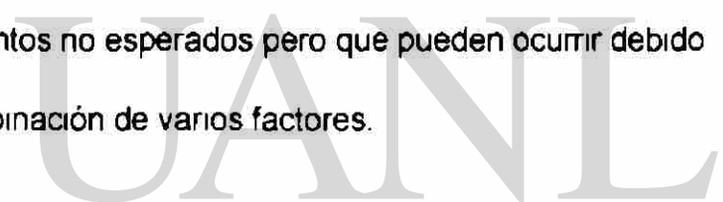
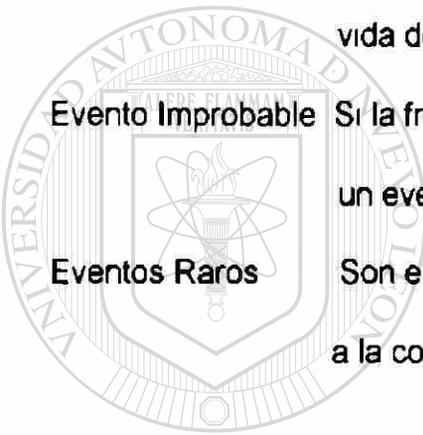
Evento Frecuente Es un evento que se presenta más de una vez en el año

Evento Probable Es un evento que ocurre una vez durante el tiempo de

vida de operación de la planta

Evento Improbable Si la frecuencia esperada es menor que la frecuencia para un evento probable

Eventos Raros Son eventos no esperados pero que pueden ocurrir debido a la combinación de varios factores.



Los eventos raros son poco utilizados para la estimación de la probabilidad debido a que si nunca se ha registrado dicho evento, se tiende a estimar la probabilidad de manera muy subjetiva (14) Por ejemplo, si nunca se ha registrado un terremoto en Monterrey la probabilidad de que ocurra es pequeñísima, casi nula por lo que al estimar dicha probabilidad se haría de manera muy subjetiva

Se piensa que muchas actividades que se realizan cotidianamente, están exentas de riesgo o tienen un riesgo mínimo, sin embargo, una forma más

adecuada de referimos a ellas aplicando el concepto de riesgo es que dicha actividad tiene un riesgo aceptable.

Este es el concepto que se toma en cuenta al momento de legislar, se trata de establecer qué tan segura es una actividad en particular, además, de establecer la confianza en los procedimientos de evaluación del riesgo al aceptar que en toda actividad siempre habrá algo de riesgo

1.1 5.1 Clasificación de los Riesgos

Los riesgos pueden clasificarse en los siguientes tres tipos o clases

- Económico
- Tecnológico
- Social

Riesgo Económico -

Algunas compañías aseguradoras han estudiado por más de un siglo el riesgo económico. Se han hecho grandes progresos en la cuantificación y evaluación económica del riesgo seguro al estimar los precios que la gente está aparentemente dispuesta a pagar por la reducción específica del riesgo en caso de daños o muerte. (14)

Riesgo Tecnológico -

Para definir el Riesgo Tecnológico o de Seguridad se han desarrollado diferentes técnicas que se utilizan para medir de una manera más objetiva, explícita y sistemática, el riesgo de una actividad

Riesgo Social -

Consiste en considerar el significado y la importancia del riesgo de una manera subjetiva o política y se utiliza para llegar a la decisión de si se toma o no el riesgo

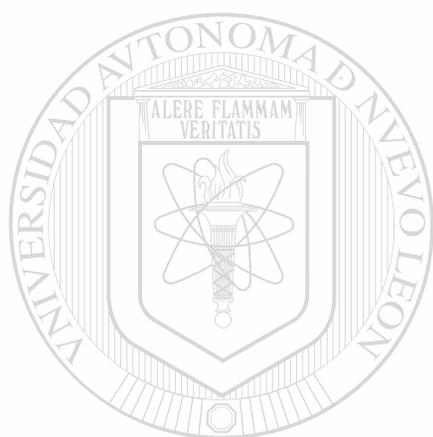
La medición del riesgo tecnológico y la evaluación del riesgo social forman juntos el proceso completo del análisis de riesgo (16)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

1 1 5 2 Análisis de Riesgo

El análisis de riesgo se realiza en las industrias para cuantificar el riesgo que representan sus instalaciones para sus empleados y la población. Los organismos gubernamentales ordenan los estudios para evaluar el riesgo de las instalaciones industriales. Ambas, las autoridades y la industria, enfrentan ahora la tarea de mantener de manera balanceada el desarrollo industrial y el control de accidentes mayores.

Al mismo tiempo, el conocimiento que la gente tenga acerca de estos peligros ha traído como consecuencia mayor fuerza política; por lo tanto, las decisiones tomadas para adoptar ciertos procesos deben tomar en cuenta no sólo los intereses tecnológicos y económicos, sino también la seguridad de la población y del ambiente. (17)



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

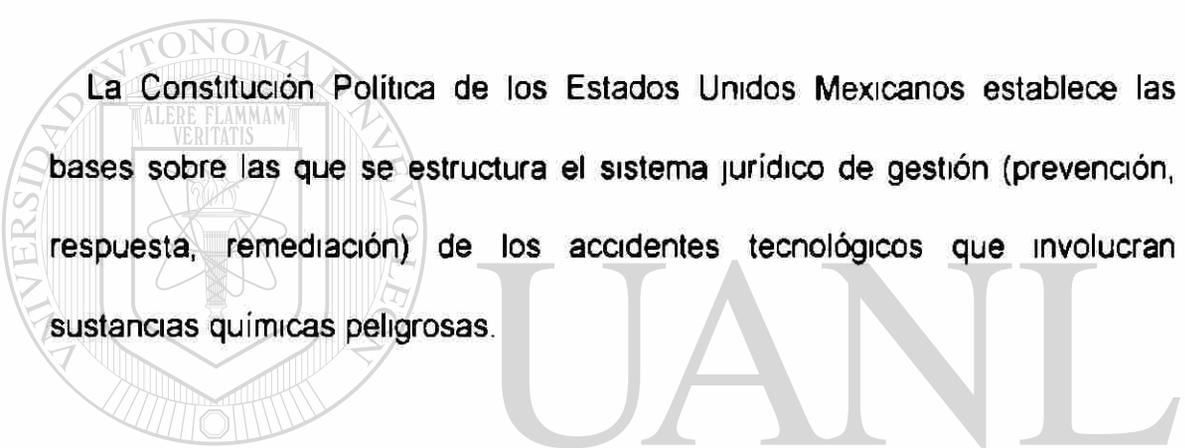


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 2

LEGISLACION AMBIENTAL

2.1 Legislación Nacional en Materia de Riesgo Ambiental



La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece las bases sobre las que se estructura el sistema jurídico de gestión (prevención, respuesta, remediación) de los accidentes tecnológicos que involucran sustancias químicas peligrosas.

Estas disposiciones se encuentran dispersas en la Constitución y son referidas a aspectos ambientales, a determinadas actividades que puedan generar efectos negativos sobre el ambiente, los recursos naturales, la salud humana y al patrimonio cultural, entre otros

A partir de estos preceptos se han emitido un conjunto de leyes, las cuales son reglamentarias de la Constitución; en ellas se encuentran las bases para la regulación en materia de prevención, control y atención a accidentes químicos. La figura 1 muestra de manera diagramática las leyes y normas en el marco de la Constitución.

Estos preceptos legales, aunque se encuentran dispersos en diversas leyes, en la práctica se interrelacionan ya que al ocurrir un accidente se generan implicaciones para la salud, el ambiente, la infraestructura, así como repercusiones económicas, sociales y aún políticas (18)

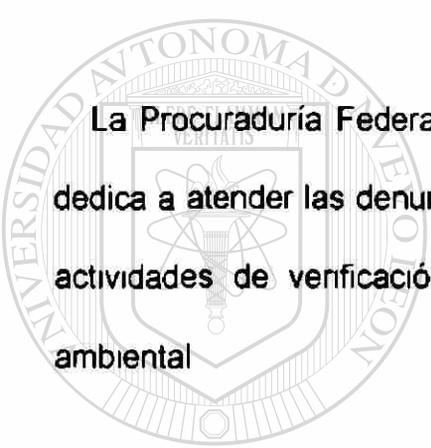
Uno de los aspectos innovadores de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988 es que en una misma ley se introducen las disposiciones legales para evaluar, prevenir y controlar los impactos y riesgos ambientales de las actividades productivas y de desarrollo.

La integración del marco jurídico en la materia parte de que toda actividad humana conlleva riesgos sobre el ambiente los recursos bióticos y abióticos y la salud humana. Por tanto es preciso estudiar y evaluar tales actividades en

función de los riesgos y del costo-beneficio que implican, para permitir las o limitarlas, así como para determinar cuáles impactos y riesgos es preciso prevenir y controlar mediante medidas regulatorias o de otra índole (19)

En 1992, la Secretaría de Desarrollo Social a través de dos de sus órganos desconcentrados. el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), fortalece la capacidad institucional en materia normativa y amplía la capacidad de vigilancia del cumplimiento de la legislación ambiental

Al Instituto Nacional de Ecología le corresponde, en este rubro, determinar y establecer las normas que aseguren la conservación o restauración de los ecosistemas fundamentales para el desarrollo de la comunidad; en particular en situaciones de emergencia o contingencia ambiental y las relacionadas con las actividades altamente riesgosas. También evalúa, dictamina y resuelve los casos relacionados con actividades altamente riesgosas en establecimientos en operación basándose en estudios de riesgo ambiental que sus responsables deben presentar ante el INE.



La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente es una entidad que se dedica a atender las denuncias, a fomentar y realizar auditorías y a emprender actividades de verificación con respecto al cumplimiento de la legislación ambiental

Como una herramienta para establecer los mecanismos para prevenir y reducir las posibles afectaciones en caso de accidentes, se crearon los estudios de riesgo de riesgo que se aplican a las industrias o cualquier actividad que manejan o planeen manejar sustancias altamente peligrosas, o sustancias que por sus volúmenes sean consideradas como riesgosas (17)

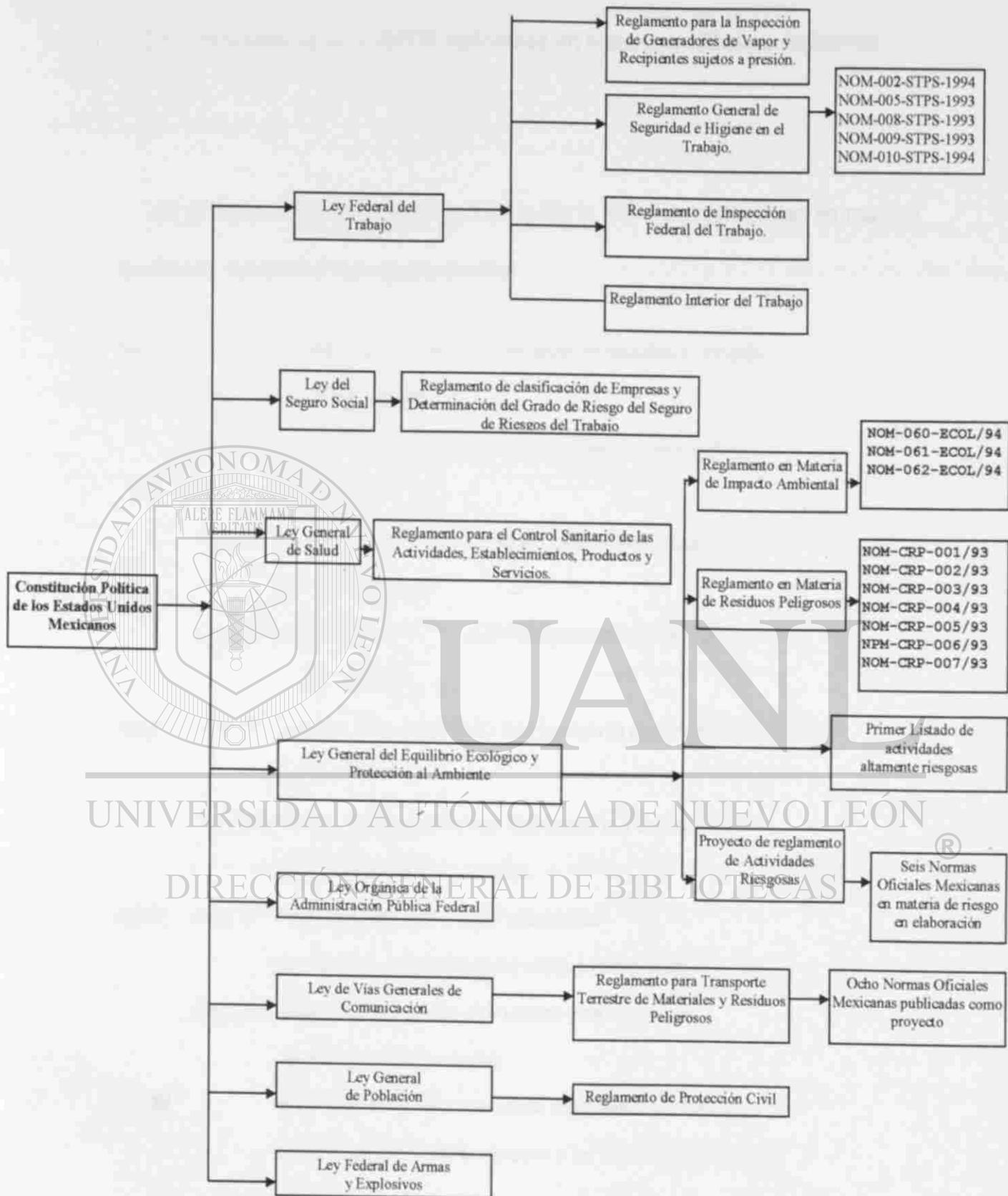


Figura1. Legislación Mexicana en materia de prevención y atención a accidentes químicos

2.1 1 Artículos de la LGEEPA Aplicables en Materia de **Riesgo Ambiental**

Los artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico aplicables en materia de Riesgo Ambiental son los siguientes

Art. 5 Frac. IV Acciones para preservar y restaurar el equilibrio ecológico

Frac. VIII Expedición de normas

Frac. IX La prevención y control de emergencias y contingencias ambientales.

Frac. X La regulación de las actividades que deben considerarse altamente resgosas

Frac. XIX Regulación de actividades relacionadas con materiales y residuos peligrosos.

Art.8 Frac. XI Regulacion de actividades que involucran materiales o residuos peligrosos

Frac. XVI Adopción de medidas para la prevención y control de contingencias ambientales

Art.9 Frac. IX Disposiciones para regular actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos

Frac. XIII Adopción de medidas preventivas y de control de contingencias ambientales

Art.28 Toda actividad u obra que pueda representar un daño o alterar el medio, deberá sujetarse a los lineamientos de esta Ley

Art. 32 Obligacion de presentarse ante la autondad correspondiente una manifestación de impacto ambiental En su caso, dicha

manifestación deberá ir acompañada por un estudio de riesgo de la obra.

Art. 35 Asistencia técnica a los gobiernos estatales y municipales que lo soliciten, para la evaluación de la manifestación de impacto ambiental o del estudio de riesgo en su caso.

Art. 145 Especificación de los usos del suelo y las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios, o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que pueden generar en los ecosistemas ó en el ambiente tomándose en consideración

I. Las condiciones topográficas, meteorológicas y climatológicas de las zonas,

II. Su proximidad a centros de población, previendo la tendencia de expansión, del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos

III Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la

industria, comercio o servicio que se trate, sobre los centros de población y sobre los recursos naturales;

IV La compatibilidad con otras actividades de las zonas.

V La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas

Art. 146 "La Secretaría de Gobernación y la Secretaría, previa la opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, determinarán y publicarán en el *Diario Oficial de la Federación* los listados de las actividades que deban

considerarse altamente riesgosas para efecto de lo establecido por la presente ley "

Art. 147 "La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas se llevara a cabo en apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas técnicas de seguridad y operación que expidan, en forma coordinada, la Secretaría y las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social.

Para tal fin, en aquellos establecimientos en los que se realicen actividades altamente riesgosas deberán incorporarse los equipos e instalaciones que correspondan con arreglo a las normas técnicas que se expidan.

Quienes realicen actividades altamente riesgosas, elaborarán, actualizarán y, en los términos del reglamento correspondiente, someterán a la aprobación de la Secretaría y, de las Secretarías de

Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento

Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades

que puedan causar graves desequilibrios ecológicos. Cuando las actividades consideradas altamente riesgosas se realicen ó vayan a realizarse en el Distrito Federal el Departamento del Distrito Federal participará en el análisis y, en su caso, aprobación de los programas de prevención correspondientes "

Art. 148 "Las entidades federativas y los municipios regularán la realización de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas, cuando

éstas afecten a el equilibrio de los ecosistemas o a el ambiente de la entidad federativa en general, o del municipio correspondiente."

Art. 149 "La regulacion a la que se refiere el Articulo anterior corresponderá a los municipios, cuando en la realización de las actividades no consideradas altamente riesgosas se generen residuos que sean vertidos a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población o integrados a la basura así como cuando se trate de actividades relacionadas con residuos no peligrosos generados en servicios publicos cuya regulación o manejo correspondan a los propios municipios o se relacionen con dichos servicios."

En la ley se señala como criterio para considerar riesgosa una actividad, aquella que comprenda acciones asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables explosivas tóxicas reactivas, radiactivas, corrosivas y

biológicas, en cantidades tales que en caso de producirse la liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, o bien por una explosión, puedan ocasionar afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes

Para complementar el marco regulatorio del riesgo ambiental, el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 se publicaron en el Diario Oficial el primero y el segundo listado de actividades riesgosas, respectivamente, en los que se manejan sustancias tóxicas explosivas e inflamables.

Como consecuencia de la publicación de estos listados y como complemento a su regulación, el INE, a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental creó el Subcomité de Riesgo Ambiental, con la finalidad de elaborar las Normas Oficiales Mexicanas de seguridad y operación que establezcan los procedimientos mínimos a seguir por las industrias que almacenen, procesen manejen o usen cualquier sustancia peligrosa (materias primas, productos intermedios o finales) de la industria del petróleo, química, petroquímica y de pinturas, tintas y solventes, que representen un elevado riesgo a la población debido a la toxicidad e inflamabilidad de las sustancias en caso de ser liberadas a la atmósfera

El 10 de septiembre de 1993 dicho subcomité aprobó dos proyectos de Norma para 26 sustancias agrupadas en inflamables y explosivas, mostradas en la tabla 3. Esos proyectos contienen criterios de distanciamiento entre el

almacenamiento de sustancias y los asentamientos humanos, publicándose conforme al programa de normalización en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1994; en dicho proyecto se plantea el desarrollo de cuatro Normas Oficiales Mexicanas resumidas en la tabla 4.(17)

Tabla 3

Sustancias inflamables y explosivas.

Sustancias inflamables y explosivas contenidas en los proyectos de norma del 10 de septiembre de 1993			
Petróleo	Dicloroetano	Tolueno	Propileno
Gasolina,	Litbenceno	Benceno	Etileno
Kerosene			
Naftas y			
Diatano	Heptano	Ciclohexano	
Isopropanol			
Propano	Meta - xileno		Butano
Para - xileno			Cloruro de
Orto - xileno	Hexano	Hidrogeno	Vinilo
Cumeno	Metanol	Butadieno	I-stireno



UANL

Tabla 4

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas sobre sustancias peligrosas. ®
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Proyectos de normas oficiales mexicanas sobre sustancias peligrosas al 10 de Septiembre de 1993.

- Criterio de distanciamiento para el almacenamiento de sustancias explosivas con respecto a los proyectos de desarrollo urbano
- Criterio de distanciamiento para el almacenamiento de sustancias inflamables con respecto a los proyectos de desarrollo urbano
- Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de cloro
- Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de amoníaco
- Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de ácido fluorhídrico
- Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de ácido cianhídrico

CAPITULO 3

TECNICAS DE EVALUACION DE RIESGO

Existe una variedad de técnicas flexibles para llevar a cabo una evaluación de riesgo. Estas técnicas se pueden aplicar en los procesos de la Industria Química en una muy amplia variedad de situaciones.

El objetivo de este Capítulo es el de resumir los aspectos importantes de cada una de las técnicas de evaluación de riesgo más comúnmente utilizadas

Las técnicas de evaluación de riesgo que se revisarán son las siguientes.

- 1 - Revisión de Seguridad
- 2 - Lista de Verificación (Checklist)
- 3 - Análisis de Rangos Relativos
- 4 - Análisis Preliminar de Riesgo
- 5 - Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If)
- 6 - Lista de Verificación + Análisis de Probabilidad Condicionada
- 7 - Análisis de Riesgo y Operatividad
- 8 - Análisis de Modos de Falla y Efectos
- 9 - Análisis de Arbol de Fallas
- 10.- Análisis de Arbol de Eventos
- 11.- Análisis de Causa - Consecuencia
- 12 - Análisis de Error Humano

Algunas de estas técnicas son más apropiadas para utilizarse durante la etapa inicial de la vida de un proceso debido a que son técnicas muy eficientes

que ayudan a determinar de manera general los riesgos que presenta una planta grande o un proceso complejo (20) Dentro de este grupo tenemos a: La Revisión de Seguridad, el Análisis con Lista de Verificación, el Análisis de Rango Relativo, el Análisis Preliminar de Riesgo y el Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) La ventaja principal para aplicar estas técnicas en la etapa inicial de un proceso consiste en que ayudan a optimizar los recursos disponibles para mejorar la seguridad

Existen otras técnicas que son excelentes para realizar análisis detallados de los riesgos presentes tanto en la fase de diseño del proceso como durante la operación de rutina, y nos ayudan a identificar las situaciones de peligro que posteriormente pueden ser estudiadas con mayor detalle haciendo uso de técnicas aún más sofisticadas.

Entre este grupo de técnicas se encuentran: El Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) combinado con un Lista de Verificación, el Análisis de Riesgo y Operatividad y el Análisis de Modos de Falla y Efectos.

Otras de las técnicas estarían reservadas para situaciones especiales que interesen y en donde se requiera el análisis detallado de una o de varias situaciones peligrosas que son consecuencia una de otra. Estas técnicas son el Análisis de Arbol de Fallas, el Análisis de Arbol de Eventos, el Análisis de Causa -Consecuencia y el Análisis de Error Humano, las cuales requieren de entrenamiento previo y de ciertas habilidades en las personas que las apliquen

Los analistas deben ser prudentes en el momento de utilizar estos métodos, debido a que requieren de más tiempo y esfuerzo para realizarlos, en comparación con las otras técnicas

Para cada técnica de evaluación de riesgo se deberán cubrir los siguientes aspectos

- 1) La descripción de la técnica en general
- 2) El propósito principal al aplicarla
- 3) Los tipos de resultados esperados
- 4) Los recursos necesarios y suficientes
- 5) El tiempo estimado de ejecución

Los primeros tres aspectos nos ayudan a entender el significado de los factores que pueden influir en la selección de una apropiada técnica de

evaluación de riesgo

El área de recursos necesarios provee información básica en cuanto a las habilidades, los materiales, y el esfuerzo requerido para realizar un estudio de evaluación de riesgo.

El tiempo de ejecución estimado ayuda a los usuarios a evaluar la magnitud de las tareas que ellos están aceptando cuando escogen una técnica en particular.

3.1. Revisión de Seguridad

3.1.1 Descripción

La técnica de Revisión de Seguridad fue sin duda el primer método utilizado para la evaluación de riesgo. Se le conoce también como Revisión de Seguridad en un Proceso, Revisión de Diseño o Revisión para la Prevención de Pérdidas. Esta técnica puede ser utilizada en cualquier etapa de la vida de un proceso.

La Revisión de Seguridad nos ayuda a identificar las condiciones de la planta o los procedimientos de operación que pudieran influir para que se presente un accidente que resulte en daños significativos a la propiedad o en

forma de Impacto Ambiental. Cuando ésta se aplica en instalaciones existentes se incluye en las actividades un recorrido de inspección, el cual se puede realizar de dos formas:

- Un recorrido informal, con evaluación visual de rutina.
- Una evaluación formal, realizada por un equipo durante varias semanas.

En el caso de procesos que aún están siendo diseñados, el personal responsable del diseño del proyecto puede, por ejemplo, revisar algún juego de

planos durante alguna entrevista. Una Revisión de Seguridad incluye entrevistas con mucha gente en la planta. operadores, personal de mantenimiento, ingenieros, gerentes, personal de seguridad y otros grupos que se determinarán en función de la organización de la planta.

La Revisión de Seguridad debe ser vista como un esfuerzo cooperativo para mejorar la seguridad y el funcionamiento de la planta y no como una interferencia a las operaciones normales o como una reacción para solucionar algún problema en particular que se haya presentado con anterioridad. En la Revisión de Seguridad la cooperación es esencial y debe ser vista por la gente como un beneficio para el personal de la planta, por lo que se debe evitar que se presenten actitudes defensivas entre el personal, durante la revisión. Si se tiene el apoyo y la participación de todos estos grupos se producirá una evaluación completa y exitosa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

La Revisión de Seguridad generalmente se enfoca a las situaciones de mayor riesgo. Se puede complementar ésta con otras actividades de seguridad en el proceso como la inspección visual de rutina y otros métodos de evaluación como la Lista de Verificación y/o el Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If).

Al final de la Revisión de Seguridad el analista hace recomendaciones acerca de las acciones específicas que sea necesario realizar; su justificación y

un listado completo de la información, recomendando algunas acciones o cambios a cada persona o grupo de personas en particular. Se puede planear un seguimiento de la evaluación o una reinspección del sistema para verificar que las acciones correctivas recomendadas se han llevado a cabo completamente.

3 1.2. Propósito principal

La Revisión de Seguridad se utiliza para asegurar que la Planta, sus operaciones y sus prácticas de mantenimiento coinciden o armonizan con el diseño y los estándares de la construcción. Las ventajas de una Revisión de Seguridad son

- Mantiene al personal de Operación alertado de los procesos peligrosos
- Se revisan necesariamente los procesos de operación
- Se localizan aquellos cambios en el proceso o en el equipo que pudieran introducir nuevos riesgos
- Se evalúa la base de diseño de los sistemas de control y de seguridad
- Se revisa la aplicación de alguna nueva tecnología para evitar riesgos existentes
- Se revisa la adecuación de las inspecciones de seguridad y mantenimiento ordinarias

La Revisión de Seguridad es un método que frecuentemente se utiliza como un pre-inicio de revisión de seguridad en un proceso.

3.1.3 Tipos de Resultados

Los resultados de una Revisión de Seguridad son una descripción cualitativa de los problemas potenciales de seguridad y algunas sugerencias en cuanto acciones correctivas

El reporte del grupo de inspección incluye la descripción de las desviaciones de diseño y de los procedimientos autorizados, así como también una lista de artículos de seguridad recientemente descubiertos.

La responsabilidad para implantar las acciones correctivas recae en el gerente de la planta o en el encargado de la operación de la planta.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.1.4. Recursos Necesarios

Para una revisión completa, los miembros del equipo encargado de la inspección necesitará acceso a los estándares y a los códigos aplicables a la operación, a los estudios de seguridad anteriormente realizados, a la descripción detallada de la planta (diagramas de flujo, diagramas de

instrumentación y tubería, etc.), a los procedimientos de arranque, paro y operación normal de la planta, a los procedimientos de mantenimiento y emergencia, a los reportes de accidentes del personal, a los reportes de incidentes peligrosos, a los registros de mantenimiento (verificación de instrumentos críticos, pruebas de presión de las válvulas de alivio), a la inspección de los tanques de presión y a las características del material del proceso (toxicidad, reactividad, etc).

El personal asignado para realizar una Revisión de Seguridad debe estar muy familiarizado con los estándares y los procedimientos de seguridad. Las habilidades técnicas y la experiencia son útiles para evaluar los instrumentos, los sistemas eléctricos, los tanques de presión, los materiales de proceso, las características químicas de los materiales, etc.

La tabla 5 enlista los tiempos estimados necesarios de cada miembro del equipo para realizar una Revisión de Seguridad

Tabla 5

Tiempo estimado al utilizar la técnica de Revisión de Seguridad

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	2 a 4 horas	6 a 12 horas	4 a 8 horas
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	3 a 5 días	3 a 6 días

3.2 Análisis con Lista de Verificación

3.2.1 Descripción

Esta técnica conocida como "Checklist" utiliza una lista escrita del equipo y de los pasos para verificar las condiciones en que se encuentra un sistema. La lista de verificación varía en función del nivel de detalle en que se quiere realizar la evaluación y frecuentemente es utilizada para indicar qué tanto se cumple en la práctica con los estándares.

Esta técnica sirve como guía, es fácil de utilizar y puede ser aplicada en cualquier etapa del tiempo de vida del proceso. Puede ser utilizada para capacitar al personal inexperto en un proceso al tener ellos que comparar los atributos del proceso contra los requerimientos de la Lista de Verificación. Este método también proporciona una base común para la revisión gerencial acerca de la evaluación que el analista realizó del proceso o de la operación.

Una Lista de Verificación detallada provee las bases para una evaluación estándar de un proceso peligroso, puede ser tan extensa como sea necesaria para satisfacer una situación específica, pero esta técnica debe ser aplicada conscientemente con la finalidad de identificar aquellos problemas que requieran mayor atención.

La Lista de Verificación, en general, es utilizada de manera combinada con otras técnicas de evaluación de riesgo para identificar las situaciones peligrosas que se tienen en un sistema o proceso. Está limitada por la experiencia de quién la elabora, por lo que debe ser preparada por el personal de más amplia experiencia en el sistema que se está analizando.

Las Listas de Verificación son creadas, frecuentemente, para simplificar la organización de la información acerca de estándares, códigos relevantes y regulaciones; además, es un documento que debe estar siempre vigente, por lo que debe ser auditado y actualizado regularmente.

Muchas organizaciones usan formatos estándares en papel de este método para controlar el desarrollo de algún proyecto, aunque también se puede utilizar su versión para computadora.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.2.2 Propósito

Las Listas de Verificación (Checklist) son utilizadas para asegurar que las organizaciones estén cumpliendo con las prácticas estándar. En algunos casos los analistas las utilizan de manera combinada con algún otro método de evaluación, a fin de identificar riesgos que no se consideren al utilizar solamente esta técnica.

3.2.3. Tipos de Resultados

Para crear una Lista de Verificación (Checklist) el analista define los estándares de diseño o prácticas de operación, en base a ellas genera una lista de preguntas con respecto a las diferencias o deficiencias esperadas.

Una lista de verificación permite, como respuesta a sus preguntas, las siguientes expresiones: "Sí", "No", "No aplicable", "Se requiere más información", etc. Los resultados cualitativos varían en función de la situación específica, pero generalmente permiten saber con un "Sí" o un "No", si se está cumpliendo con los procedimientos estándar. El conocimiento de estas deficiencias arroja una serie de alternativas de mejora en cuanto a seguridad para que en su momento las considere el gerente o el responsable de la operación.

3.2.4. Recursos Necesarios

- Se necesita una adecuada Lista de Verificación (Checklist)
- Un procedimiento de diseño de ingeniería
- Un manual de prácticas de operación
- Una persona que tenga conocimientos básicos del proceso que se está revisando.

Si se tiene una Lista de Verificación disponible de trabajos anteriormente realizados, el analista debe estar capacitado para utilizarla como guía, tanto como considere necesario. Si no existe algo relevante una persona (algunas veces varias personas) debe preparar la Lista de Verificación y realizar la evaluación. Posteriormente, un gerente con experiencia (o un equipo de trabajo de ingeniería) revisará los resultados del análisis que se aplicó con la Lista de Verificación y dirigirá la(s) siguiente(s) acción(es) en el proceso.

El método es versátil. El tipo de evaluación puede variar desde ser rápida y simple, hasta prolongada, profunda y más costosa. Este método es una forma muy efectiva tomando en cuenta su bajo costo para identificar los riesgos o peligros más comúnmente reconocidos. La tabla 6 nos muestra el tiempo estimado necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando esta técnica

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 6

Tiempos estimados al utilizar la técnica de Análisis con Lista de Verificación (Checklist).

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	2 a 4 horas	4 a 8 horas	4 a 8 horas
Proceso grande y complejo	1a 3 días	3 a 5 días	2 a 4 días

3.3 Análisis de Rango Relativo

3.3.1. Descripción

Es una estrategia de análisis más que un método de análisis bien definido y sencillo

Esta estrategia permite al analista de riesgo comparar los atributos de varios procesos o actividades para determinar si ellos presentan características peligrosas que sean lo suficientemente significativas para requerir futuros estudios más detallados

Este tipo de análisis puede también ser usado para comparar varios procesos ya establecidos, diseños genéricos, opciones de acomodo de equipo y para proveer información. Esta estrategia de análisis se presenta como una buena alternativa por ser la mejor opción o la menos peligrosa. Por cierto, estas comparaciones se basan en valores numéricos que representan el nivel relativo de significancia o de importancia que el analista asigna a cada riesgo

Los estudios de Rangos Relativos deben ser normalmente efectuados al iniciar el diseño de un proceso, antes que el diseño detallado se lleve a efecto, o también se puede aplicar en instalaciones ya funcionando cuando se inicia el

desarrollo de un programa de análisis de riesgo. No obstante, el método de Rangos Relativos puede también ser aplicado para medir los riesgos en varios aspectos de la operación del proceso ya existente.

Varios métodos formales del Análisis de Rangos Relativos son ampliamente utilizados; por ejemplo 'Dow Fire' y 'Explosion Index' se han utilizado por muchos años. Existe un reporte, publicado por el "American Institute of Chemical Engineers" (AIChE) que describe el método.(38)

Estos métodos evalúan también la existencia y significancia de peligros de explosión y fuego en muchas áreas grandes de una instalación de un proceso. Para su ejecución, el analista divide un proceso o actividad en unidades de proceso separadas y les asigna índices, basados en el tipo de material, las características físicas y químicas, las condiciones del proceso, la

distribución de la planta, las consideraciones en el acomodo del equipo y otros factores. Los resultados de la evaluación del índice de explosión y fuego pueden ser comparados con los resultados de otras unidades de proceso que ya han sido evaluadas.

Estos métodos son utilizados por analistas experimentados para obtener mayor conocimiento de las cosas, o cuando se necesita mejorar los sistemas de seguridad en general.

Otro método menos conocido y documentado en los Estados Unidos es el "ICI Mond Index" Este índice es utilizado para evaluar los riesgos químicos y tóxicos, así como también los riesgos de fuego y explosión asociados a alguna área del proceso o de la operación. Muchas organizaciones han creado sus propios índices especializados para evaluar los peligros asociados a sus instalaciones, procesos y operación. Por ejemplo, la compañía Dow Chemical tiene varios índices que son utilizados para evaluar y manejar el riesgo en sus procesos y actividades. Uno de ellos es llamado "Índice de Exposición Química" (Chemical Exposure Index - CEI), el cual es utilizado para medir la relativa intensidad de riesgos en la salud asociados con derrames químicos potenciales.

El Índice de Exposición Química usa una fórmula simple para valorar el uso de alguna sustancia química tóxica y se basa en cinco factores

- ❖ La medición de la Toxicidad
- ❖ La cantidad de material volátil con posibilidad de derrame
- ❖ El peso molecular del químico que está siendo evaluado
- ❖ La distancia existente entre el área de interés y el almacenamiento del químico tóxico
- ❖ Otras variables del proceso que pudieran afectar las condiciones para que se ocasione un derrame, como son la temperatura, presión, reactividad, etc.

Algunos índices especializados han sido desarrollados y utilizados por diversas instituciones para determinar la aplicación de ciertas prácticas industriales recomendadas o requerimientos regulatorios. Por ejemplo, en los Estados Unidos la Agencia de Protección al Ambiente ("Environmental Protection Agency" - EPA) desarrolló un método de evaluación llamado "Threshold Planning Quantity Index" (TPQ) para ayudar a determinar cuáles materiales deben ser considerados extremadamente peligrosos, cuándo son usados y cuáles deben ser las actividades planeadas de respuesta, en caso de emergencias

Recientemente la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional ("Occupational Safety and Health Administration" - OSHA) y el Instituto Americano del Petróleo ("American Petroleum Institute" - API) están recomendando utilizar el Índice de Sustancias Peligrosas ("Substances Hazard Index" - SHI) para ayudar a determinar si el esfuerzo que se hace para el manejo de la seguridad en procesos especiales debe ser dirigido a un proceso particular o a alguna actividad industrial específica.

3.3 2. Propósito

El principal propósito de utilizar los Métodos de Rangos Relativos es el determinar las áreas del proceso o de la operación que sean más significativas con respecto a los peligros que éstas representan.

La teoría que apoya a los Métodos de Rangos Relativos tiene su origen en tres preguntas básicas dentro de un análisis de riesgo

- ◆ ¿Qué puede fallar?
- ◆ ¿Cómo esperamos que estén las áreas del proceso o producción?
- ◆ ¿Cuáles pueden ser los efectos?

Las respuestas a estas preguntas permiten determinar la importancia relativa de los procesos y las actividades, partiendo de algo seguro, antes de aplicar adicionalmente estudios de análisis de riesgo más costosos. Además, se obtiene una relación aproximada de los atributos de un proceso para luego ser comparados, con el fin de determinar cuáles áreas presentan el mayor riesgo o peligro. Posteriormente pueden realizarse estudios de evaluación de riesgos en las áreas de mayor interés.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.3.3. Tipos de Resultados

Estos métodos dan como resultado una lista ordenada en función del riesgo de procesos, de equipo, de operaciones o de actividades. Esta lista puede tener varias capas estratificadas que representan el nivel de importancia.

Otros resultados como: Índices, marcadores, factores de escala, gráficas, etc., dependerán de la técnica particular utilizada para realizar la evaluación.

Es importante hacer notar que aunque estas técnicas tratan de responder de alguna manera a las tres preguntas del análisis de riesgo, los analistas no deben considerar los resultados de estos estudios como estimaciones de peso del riesgo asociado con un proceso o actividad.

El método de Análisis de Rango Relativo no está usualmente basada en la secuencia de accidentes específicos, además de que por sí misma no arroja recomendaciones concretas de mejora en la seguridad.

3.3.4 Recursos Necesarios

Un estudio de riesgo con el método de Análisis de Rango Relativo requiere básicamente de los datos físicos y químicos de las sustancias utilizadas en el proceso o actividad

Normalmente estos estudios no requieren diagramas del proceso detallados; sin embargo, sí son necesarios los inventarios de material, las condiciones del proceso de planta y la ubicación geográfica de las áreas de almacenamiento del material.

El procedimiento se puede realizar por un solo analista cuando se evalúa un proceso simple y pequeño, o por varios analistas cuando el proceso es complejo y grande, siempre y cuando ellos ya tengan experiencia en la aplicación del método y tengan acceso a todos los datos necesarios para el estudio

Se recomienda trabajar con un analista entrenado en la técnica junto con una persona que pueda rápidamente localizar e interpretar el material necesario y los datos del proceso necesarios para el análisis

En caso de necesitarse más de un analista, debido a la complejidad y tamaño del proceso o actividad, y al número y tipo de peligros, es conveniente

primero capacitar a cada uno de ellos con el fin de que sus juicios sean consistentes y tengan criterios homólogos

El tiempo y costo para llevar a cabo un estudio de evaluación de riesgo dependerá del método seleccionado, de los requerimientos de datos de entrada, del número de áreas con las que cuente el proceso y los peligros a evaluar

La Tabla 7 nos muestra el tiempo estimado que puede tomar la realización de un estudio de evaluación de riesgo aplicando el método de Análisis de Rangos Relativos

Tabla 7

Tiempo estimado al utilizar la técnica de Análisis de Rangos Relativos.

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema simple y pequeño	2 a 4 horas	4 a 8 horas	4 a 8 horas
Proceso complejo y grande	1 a 3 días	3 a 5 días	3 a 5 días

3.4 Análisis Preliminar de Riesgo

3.4.1 Descripción

Un Análisis Preliminar de Riesgo, llamado en inglés "Preliminary Hazard[®] Analysis" (PHA) es una técnica derivada de los requerimientos del Programa del Sistema Estándar de Seguridad Militar de los Estados Unidos.

Este análisis se enfoca de manera general sobre los materiales peligrosos y las áreas más grandes del proceso de una planta. Es frecuentemente aplicado en el inicio del desarrollo de un proceso, cuando hay poca información en los detalles de diseño o en los procedimientos de operación de una planta y frecuentemente es precursor para un análisis de

riesgo posterior. Con esta guía se identifican de manera efectiva los peligros o los riesgos que la planta presenta en sus inicios.

Debido a su origen militar, esta técnica es algunas veces utilizada para revisar áreas de proceso donde la energía puede liberarse en una forma descontrolada.

El Análisis Preliminar de Riesgo formula una lista de peligros y situaciones peligrosas de carácter general, al considerar las siguientes características del proceso:

- Las materias primas, los productos intermedios, el producto terminado y su reactividad.
- El equipo de la planta
- La(s) línea(s) de operación
- El medio ambiente en el que se trabaja
- Las actividades operacionales (pruebas, mantenimiento, etc.)
- El enlace entre los componentes del sistema

Uno o más análisis de riesgo estiman la importancia de riesgo del proceso y asignan una evaluación crítica de cada situación en particular.

Finalmente, esta evaluación crítica es utilizada para dar prioridad a las recomendaciones resultantes de los análisis del equipo, o para mejorar la seguridad.

3.4.2. Propósito

La técnica de Análisis Preliminar de Riesgo es comúnmente utilizada para evaluar los riesgos en el inicio de operación de un proceso. Es aplicada durante el diseño conceptual o en la fase de investigación y desarrollo de un proceso de planta y puede ser muy útil cuando se va a tomar la decisión para seleccionar el lugar donde se habrá de instalar. Es también utilizada como una herramienta de diseño antes de que el diagrama de instrumentación y tubería sea desarrollado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Aunque el Análisis Preliminar de Riesgo es normalmente utilizado en la fase preliminar del desarrollo de una planta donde la experiencia proporciona pocos o no significativos problemas de seguridad potenciales, esta técnica puede ser útil cuando se analizan muchas maniobras o cuando se les da prioridad a los riesgos detectados. Esta técnica nos indica, con sus resultados, cuándo es mejor utilizar una técnica más extensa y profunda.

3 4 3 Tipos de Resultados

Un Análisis Preliminar de Riesgo nos proporciona una descripción cualitativa de los peligros relacionados con el proceso diseñado. También provee un intervalo cualitativo de las situaciones peligrosas que pueden ser usadas para jerarquizar las recomendaciones destinadas a reducir o eliminar ciertos peligros en las fases subsecuentes del ciclo de vida del proceso

3 4 4 Recursos Necesarios

Se requiere que el analista tenga acceso a los criterios de diseño de la planta, a las especificaciones de equipo a las especificaciones de material y a otras fuentes de información.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Esta técnica se puede aplicar por una o dos personas, quienes deberán tener un conocimiento profundo de la técnica, aunque también un equipo con poca experiencia puede realizar un Análisis Preliminar de Riesgo sin embargo, el estudio puede no ser tan profundo o detallado, debido a que al hacer aproximaciones se requiere que los analistas utilicen una cantidad importante de juicios La Tabla 8 nos muestra los tiempos estimados para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando la técnica de Análisis Preliminar de Riesgo

Tabla 8

Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis Preliminar de Riesgo.

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema simple y pequeño	4 a 8 horas.	1 a 3 días	1 a 2 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	4 a 7 días	4 a 7 días

3.5 Análisis de Probabilidad Condicionada

3.5.1. Descripción

La técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada conocida como "What-If", es similar a una lluvia de ideas en la cual un grupo de personas experimentadas y familiarizadas con el proceso elaboran preguntas relacionadas con posibles eventos no deseados.

Esta técnica no está tan estructurada como algunas otras técnicas (por ejemplo el Análisis de Riesgo y Operatividad o el Análisis de Modo de Falla y Efectos) Por el contrario, se requiere que el analista adapte los conceptos básicos para la aplicación específica.

Muy poca información ha sido publicada acerca de este método o sus aplicaciones; sin embargo, frecuentemente es utilizada en la industria para

evaluar cada etapa de la vida del proceso y tiene buena reputación entre las herramientas utilizadas.

Este método obliga al equipo que realiza la evaluación de riesgo a formular preguntas que comiencen con ¿Qué pasa si?. Sin embargo, algunos conceptos sobre la seguridad del proceso pueden ser incluidos aunque no sea en forma de pregunta. Por ejemplo:

- **Estoy previendo el tener una entrega de material equivocado.**
- **¿ Qué pasa si la bomba A se detiene durante el arranque del proceso?**
- **¿ Qué pasa si el operador abre la válvula B en lugar de la válvula A?**

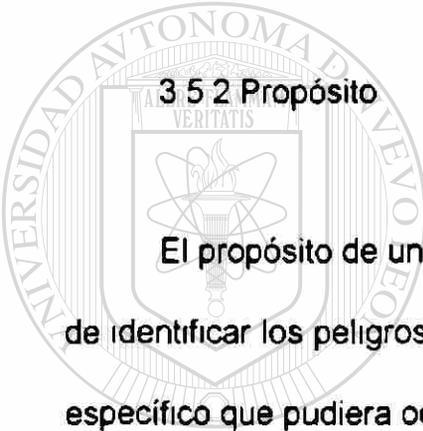
Se registran todas las preguntas y se clasifican según las áreas específicas: seguridad eléctrica, protección al fuego, seguridad personal, etc.

Cada área es posteriormente asignada a un equipo de una o más personas capacitadas. Las preguntas son formuladas en base a la experiencia y aplicadas a los dibujos existentes y a la descripción del proceso.

En el caso de una planta que se encuentre ya en operación, la investigación puede incluir entrevistas con el equipo o personal de planta que no participe en el equipo de evaluación de riesgos (no existe un patrón específico o cierto orden para estas preguntas, a menos que el guía

proporcione una secuencia lógica, como por ejemplo: dividir el proceso en sistemas funcionales).

Las preguntas pueden incluir algunas condiciones normales, de encendido o apagado de la planta, y no solo las fallas de componentes o las variaciones del proceso



3 5 2 Propósito

El propósito de un Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) es el de identificar los peligros, las situaciones de peligro o algún caso de accidente específico que pudiera ocasionar consecuencias desastrosas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

En esta técnica un grupo de personas experimentadas identifican las posibles situaciones de accidentes, sus consecuencias y las acciones de emergencia existentes; entonces se proponen alternativas para la reducción del riesgo.

El método puede involucrar el análisis de posibles desviaciones de diseño, de construcción, de modificación o de operación. Esto requiere de un entendimiento básico en el proceso y de la habilidad para combinar

mentalmente las posibles desviaciones del diseño que pudieran resultar en un accidente.

Este método ofrece un procedimiento poderoso si el personal es experimentado, si no lo es, los resultados no son confiables porque podrían ser incompletos.

3 5 3 Tipo de Resultados

En su forma más simple, la técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) genera una lista de preguntas y respuestas acerca del proceso, aunque puede también producir un listado de situaciones peligrosas (sin valorar o sin implicaciones cuantitativas para identificar los accidentes potenciales en los diferentes escenarios), sus consecuencias, las acciones emergentes y las posibles opciones para reducir el riesgo.

3 5 4 Recursos Necesarios

Debido a que el Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) es muy flexible, éste puede aplicarse en cualquier etapa de la vida del proceso utilizando cualquier información y conocimiento que se tenga disponible.

Para su ejecución, a cada área del proceso se asignan 2 ó 3 personas para realizar el análisis; sin embargo, es preferible utilizar un equipo humano grande para procesos complejos, dividiendo el proceso en pequeñas áreas. Por consecuencia, el tiempo y costo de un Análisis de Probabilidad Condicionada son proporcionales a la complejidad y al número de áreas que serán analizadas en la planta.

Una vez que una organización ha tenido experiencia con este estudio, este método puede significar un costo - beneficio para evaluar riesgos durante cualquier etapa del proyecto

La tabla 9 muestra los tiempos estimados para realizar una evaluación de riesgo utilizando la técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada

Tabla 9
 Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If).

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	4 a 8 horas	4 a 8 horas	1 a 2 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	3 a 5 días	1 a 3 semanas

3.6 Análisis con Lista de Verificación y Probabilidad Condicionada

3.6.1 Descripción

Esta técnica combina la muy utilizada lluvia de ideas del método de Probabilidad Condicionada (What- If) con la sistematización del método de Lista de Verificación (Checklist) Este método híbrido se apoya en la fuerza y el contrapeso de las fallas individuales para determinar aproximaciones de manera separada. Por ejemplo el método de Análisis con la Lista de Verificación es una técnica basada en la experiencia y por ello la calidad de una evaluación de riesgo depende grandemente de la experiencia de los que elaboraron la Lista de Verificación. Si la Lista de Verificación no es completa, el analista pudiera no ser capaz de identificar o señalar una situación de peligro.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El utilizar la técnica de Probabilidad Condicionada de manera combinada obliga al equipo de analistas a considerar accidentes potenciales y consecuencias que no han sido consideradas al elaborar la Lista de Verificación. Contrariamente, la parte de la Lista de Verificación permite una manera más sistemática que como se realiza el análisis de Probabilidad Condicionada. Esta técnica puede ser utilizada en cualquier etapa de la vida del proceso

Como en la mayoría de los otros métodos de evaluación de riesgos, el método trabaja mejor cuando es realizado por un equipo experto en el proceso. Esta técnica es generalmente utilizada para analizar los riesgos más comunes que existen en un proceso

Aunque es capaz de evaluar la importancia de accidentes a casi cualquier nivel de detalle, el método de análisis de Probabilidad Condicionada generalmente se enfoca a un nivel de detalle menor de resolución que, el que se obtiene por la técnica de Análisis de Modo de Fallas y Efectos.

Frecuentemente un análisis con Lista de Verificación y Probabilidad Condicionada es la primera evaluación de riesgo efectuado en un proceso y como tal, es un precursor para estudios subsecuentes más detallados.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.6.2 Propósito

El propósito del análisis con Lista de Verificación (Checklist) y Probabilidad Condicionada (What-If) es :

- Identificar los riesgos
- Considerar los tipos generales de accidentes que pueden ocurrir en el proceso o en la actividad.
- Evaluar de manera cuantitativa los efectos de estos accidentes.
- Determinar si las formas de protección contra estas situaciones de accidentes potenciales son adecuadas.

Frecuentemente los miembros del equipo de evaluación de riesgos sugerirán algunas formas para reducir el riesgo de operación del proceso.

3 6 3. Tipos de Resultados

El equipo evaluador que utiliza el método combinado de Lista de Verificación (Checklist) con Probabilidad Condicionada (What-If) generará una tabla de situaciones de accidentes potenciales, efectos, protección y acciones de emergencia

Los resultados de este estudio pueden presentarse también en forma de Lista de Verificación terminada, sin embargo, algunas organizaciones usan un estilo narrativo para documentar los resultados.

3 6 4 Recursos Necesarios

La mayoría de los análisis que combinan Lista de Verificación (Checklist) con el método de Probabilidad Condicionada (What-If) son realizados por un equipo experto en el diseño, operación y mantenimiento del proceso

El número de personas necesarias para tal estudio depende de la complejidad del proceso, de su tamaño y de la etapa de vida en la cual el proceso está siendo evaluado

Normalmente este estudio requiere de pocas personas y de entrevistas breves, en comparación con una técnica más estructurada como es el caso del método de Análisis de Riesgo y Operatividad. La tabla 10 nos muestra los tiempos estimados necesarios para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método combinado de Lista de Verificación con Probabilidad Condicionada.

Tabla 10

Tiempo estimado al utilizar el método combinado de Lista de Verificación (Checklist) con el método de Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If).

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	6 a 12 horas	6 a 12 horas	4 a 8 horas.
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	4 a 7 días	1 a 3 semanas

3.7. Análisis de Riesgos y Operatividad

3.7.1. Descripción

El método de Análisis de Riesgos y Operatividad, conocida como "HAZOP" (Hazard Operability Analysis), es un análisis riguroso y sistemático de riesgos potenciales(22) que fue desarrollado para identificar y evaluar los riesgos de seguridad en un proceso de planta y para identificar aquellos

problemas de operatividad que, aunque no peligrosos, puedan comprometer la capacidad de la planta para lograr la productividad esperada.

Aunque originalmente se desarrolló para prevenir riesgos y problemas de operatividad en tecnologías en las cuales las organizaciones han tenido poca experiencia, se ha encontrado que este método es muy efectivo al aplicarse a operaciones ya existentes.

El uso de este método de análisis requiere de una detallada fuente de información con respecto al diseño y a la operación del proceso. Además, es muy frecuente utilizarla para analizar el proceso durante o después de la etapa de diseño. Algunas variaciones del método de Análisis de Riesgos y Operatividad están en práctica en la Industria Química.

En este método, un equipo interdisciplinario usa un enfoque creativo y sistemático para identificar los riesgos y los problemas de operatividad, resultantes de la desviación del diseño del proceso, que pudieran ocasionar consecuencias no deseables.

Un persona experta en el equipo los guía sistemáticamente através del diseño de la planta, utilizando un juego de palabras fijas (llamadas palabras "guía"), las cuales son aplicadas en puntos específicos o "nodos de estudio" en el diseño de la planta y son combinadas con parámetros específicos del

proceso para identificar desviaciones potenciales de las operaciones realizadas en la planta

Por ejemplo, la palabra "No" combinada con el parámetro de proceso "flujo" resulta en la desviación "No flujo" Algunas veces un guía usará una Lista de Verificación o la experiencia en el proceso para ayudar al grupo a desarrollar la lista de desviaciones necesarias que el equipo considerará en las entrevistas cuando realice el Análisis de Riesgos y Operatividad.

El grupo entonces discutirá las posibles causas de desviación (por ejemplo error de operación en la unidad de bombeo), las consecuencias de la desviación (por ejemplo, sobrecalentamiento de la bomba) y la medida de protección aplicable para esta falla (abrir la válvula de alivio para liberar la presión en la línea de descarga de la bomba).

Si las causas y consecuencias son significativas y las medidas de protección son inadecuadas, el grupo puede recomendar una acción de seguimiento y presentarla a consideración al gerente. En algunos casos el grupo puede identificar alguna desviación con una causa real pero con consecuencias desconocidas (por ejemplo un producto de reacción desconocido) y recomendar estudios subsecuentes para determinar las posibles consecuencias.

3.7.2 Propósito

El propósito de un Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) es revisar cuidadosamente un proceso u operación de una manera sistemática para determinar si algunas desviaciones en el proceso pudieran provocar consecuencias no deseables. Este método puede ser utilizado en procesos continuos o batch y puede ser adaptado para evaluar procedimientos escritos.

El equipo que realiza el Análisis de Riesgos y Operatividad enlista las causas potenciales y las consecuencias de la desviación, así como las medidas de protección existentes para evitar alguna desviación. Cuando el equipo determina que hay una protección inadecuada para una desviación viable, se recomienda que la acción correctiva sea tomada para reducir el riesgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.7.3. Tipos de Resultados

Los resultados de un Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) son:

- Las conclusiones del equipo que incluyen la identificación de los problemas de operatividad y riesgos
- Recomendaciones para cambios en el diseño, procedimientos, etc., para mejorar el sistema.

- Recomendaciones para conducir estudios en las áreas donde no fue posible llegar a ninguna conclusión debido a la falta de información.

Los resultados de las discusiones del equipo con respecto a las causas, los efectos y la protección de la seguridad para las desviaciones de cada nodo o sección del proceso, son registrados en una tabla en formato de columnas

3 7 4 Recursos Necesarios

Este método de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) requiere de datos exactos, precisos y actualizados del diagrama de instrumentación y tuberías o, de sus dibujos equivalentes y otra información detallada del proceso tal como los procedimientos de operación. Un Análisis de Riesgos y Operatividad requiere también de considerables conocimientos del proceso, instrumentación y operación, esta información es comúnmente proporcionada por los miembros del equipo, quienes suelen ser expertos en esas áreas.

Los guías capacitados y con experiencia son una parte esencial de un Análisis de Riesgos y Operatividad eficiente y de alta calidad. Cuando el análisis se efectúa para un proceso grande y complejo se requieren de 5 a 7 personas expertas en diseño, ingeniería y operaciones de mantenimiento. Un miembro del equipo guía el análisis y otro registra los resultados de las discusiones del equipo. Un proceso pequeño y simple, o una revisión en forma

limitada, se puede analizar con 3 a 4 personas en un tiempo que se determinará por las habilidades técnicas y la experiencia de las personas que participan. La Tabla 11 nos muestra el tiempo necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando la técnica de Análisis de Riesgos y Operatividad.

Tabla 11

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP)

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	8 a 12 horas	1 a 3 días	2 a 6 días
Proceso grande y complejo	2 a 4 días	1 a 3 semanas	2 a 6 semanas

3.8 Análisis de Modos de Falla y Efectos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

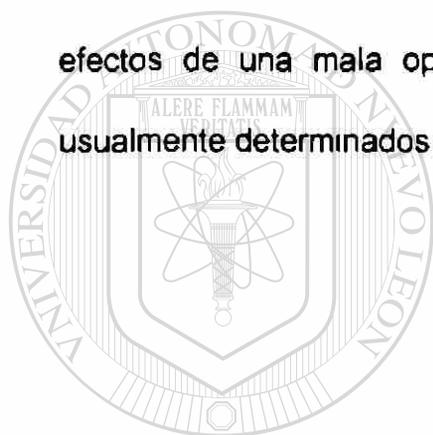
3.8.1 Descripción

Un Análisis de Modos de Falla y Efectos conocido como "FMEA" (Failure Modes and Effects Analysis) tabula los modos de falla del equipo y sus efectos en un sistema o planta

El Modo de Falla describe la manera en que el equipo falla (al abrir, cerrar, encender, apagar o en caso de fugas). El Efecto de la falla es

determinado por la respuesta del sistema a la falla del equipo. Este método identifica modos de falla individuales que contribuyen de manera directa y significativa a un accidente pero no es eficiente para definir una lista exhaustiva de combinaciones de fallas de equipo que pudieran producir un accidente

Los errores de operación humana no son comúnmente evaluados de manera directa en un Análisis de Modos de Falla y Efectos; sin embargo, los efectos de una mala operación como resultado de un error humano son usualmente determinados por el equipo evaluador.



UANL

3 8 2 Propósito

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El propósito de un Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) es identificar los modos de fallas individuales en un equipo o sistema y su efecto o efectos potenciales en el sistema o planta. Este análisis típicamente genera recomendaciones para incrementar la confiabilidad del equipo, además de que mejora su proceso de seguridad.

3.8.3. Tipos de Resultados

Un Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) genera una lista sistemática y cualitativa de equipo, modos de falla y efectos. Incluye también una estimación de las peores consecuencias que resultarían de una falla individual. El método de Análisis de Modos de Falla y Efectos puede ser fácilmente actualizado por cambios en el diseño o modificaciones en el sistema o en la planta.

Los resultados de este tipo de análisis son comúnmente documentados en una tabla en forma de columnas, las cuales presentan temas apropiados para sugerir mejoras en cuanto a la seguridad de la planta o sistema.

3.8.4. Recursos Necesarios

Este tipo de análisis requiere las siguientes fuentes de datos e información.

- a) La lista del equipo de la planta o del sistema o Diagrama de Instrumentación y Tubería
- b) El conocimiento de las funciones del equipo y de los modos de falla.
- c) El conocimiento del sistema y el funcionamiento de la planta, así como, la respuesta óptima a los modos de falla

El método puede aplicarse por un solo analista pero el análisis debe ser revisado por otros para asegurar que éste fue completo. Las características del equipo o grupo variarán con el tamaño y complejidad del proceso que se estará analizando. Todos los analistas deben estar familiarizados con las funciones del equipo, los modos de falla y cómo las fallas pueden afectar a otras partes del sistema o planta

El costo y tiempo de un Análisis de Modos de Falla y Efectos es proporcional al tamaño del proceso y de los componentes analizados. En promedio una hora es suficiente para analizar de 2 a 4 piezas de un equipo. En caso de tener equipos similares que realicen funciones similares en un sistema, los tiempos necesarios para realizar la evaluación se reducirán significativamente debido a la naturaleza repetitiva de las evaluaciones. En la tabla 12 se observa el tiempo estimado para realizar un estudio de evaluación de riesgo usando el método de Análisis de Modos de Falla y Efectos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 12

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Modos de Falla y Efectos

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y sencillo	2 a 6 horas	1 a 3 días	1 a 3 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	1 a 3 semanas	2 a 4 semanas

3.9 Análisis de Árbol de Fallas

3.9.1. Descripción

El Análisis de Árbol de Fallas, conocido como "Fault Tree Analysis" (FTA), es un método deductivo que se enfoca a un accidente en particular o al sistema principal de fallas para determinar las causas del evento.

El árbol de fallas es un modelo gráfico que muestra las diferentes combinaciones de las fallas de los equipos y errores humanos que pueden ocasionar una falla en el sistema principal de interés, llamado el evento cumbre

La potencia del análisis de árbol de fallas como una herramienta cualitativa es su habilidad para identificar la combinación de las fallas de los equipos y los errores humanos que pudieran ocasionar un accidente. Esto permite al analista de riesgos proponer medidas preventivas o de eliminación de las causas básicas significativas para reducir la probabilidad de un accidente

3.9.2 Propósito

El propósito de un Análisis de Árbol de Fallas es identificar la combinación de las fallas de equipo y los errores humanos que pudieran

resultar en un accidente. Este método es bien aplicado para el análisis de sistemas altamente redundantes.

Para sistemas particularmente vulnerables a fallas individuales que pudieran ocasionar un accidente es mejor utilizar una técnica orientada a fallas individuales tales como, Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) o el Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP).

El Análisis de Árbol de Fallas es frecuentemente empleado cuando otro método de evaluación de riesgos (por ejemplo HAZOP) ha determinado de interés un accidente que requiere un análisis más detallado.

3.9.3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Árbol de Fallas produce un modelo lógico de fallas del sistema que usa una vía lógica para describir cómo las fallas en el equipo y los errores humanos pueden combinarse para provocar una falla del sistema principal.

Muchos modelos de Árbol de Fallas pueden resultar del análisis de un proceso grande; el número de modelos depende de qué tan selectivo fue el análisis de riesgo al seleccionar el evento o eventos cumbre más relevante(s).

El Análisis de Árbol de Fallas generalmente responde a cada modelo lógico para generar una lista de fallas, llamadas juegos de corte mínimo, que pueden ser cualitativamente valoradas por el número y tipo de fallas en cada juego de corte.

Los juegos de corte que contienen más fallas son generalmente menos creíbles que aquellos que contienen menos fallas. La revisión de estas listas de juegos de corte mínimos muestran las debilidades del diseño o de la operación del sistema, por lo que el analista debe proponer posibles alternativas de mejora para la seguridad.

3 9 4. Recursos Necesarios

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El Análisis de Árbol de Fallas necesita del entendimiento detallado de cómo funciona la planta o sistema, procedimientos y dibujos detallados del proceso y conocimiento de los modos de falla de los componentes y sus efectos.

Aquellas organizaciones que quieran realizar un Análisis de Árbol de Fallas deben utilizar analistas bien capacitados y expertos para asegurar un análisis eficiente y de alta calidad. Los analistas calificados pueden desarrollar

árboles de falla por ellos mismos, aunque deben tener un entendimiento detallado del proceso; aún así, los modelos deben ser revisados con los ingenieros, operadores y otro personal que tenga experiencia en cuanto a la operación del equipo y del sistema que se va a analizar.

Un analista por árbol de falla asegura la continuidad en el desarrollo del análisis, pero debe tener acceso a toda la información necesaria para definir las fallas que contribuyen al evento cumbre. Para aplicar este tipo de análisis un equipo o grupo amplio puede participar si el proceso a evaluar es demasiado complejo y si es necesario utilizar más de un árbol de falla. En esos casos cada miembro del grupo se concentrará en un árbol de falla individual.

Es necesaria la interacción entre los miembros del equipo y otro personal con experiencia a fin de asegurar la consistencia en el desarrollo de la relación o de los modelos creíbles

El tiempo y costo necesario para realizar un Análisis de Árbol de Fallas depende de la complejidad del sistema analizado y del nivel de resolución del análisis.

El modelar un evento cumbre individual que involucre un proceso simple con un grupo experto puede llevarse un día o menos. Los sistemas complejos y problemas grandes con muchos eventos con accidentes potenciales pueden

llevarse muchas semanas o meses, aún y cuando se realice por un grupo experto. La tabla 13 nos muestra el tiempo necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método de Análisis de Árbol de Fallas.

Tabla 13

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Árbol de Falla

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	CONSTRUC. DEL MODELO	EVALUACIÓN CUALITATIVA.	DOCUMENTACION
Sistema pequeño y sencillo	1 a 3 días	3 a 6 días	2 a 4 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	4 a 6 días	2 a 3 semanas	1 a 4 semanas	3 a 5 semanas

3.10 Análisis de Árbol de Eventos

3 10 1 Descripción

Un Árbol de Eventos muestra gráficamente las posibles consecuencias de un accidente que resulta de un evento inicial (falla de algún equipo específico o algún error humano). Un Análisis de Árbol de Eventos considera la respuesta de un sistema de seguridad y de los operadores al inicio de un evento, cuando se determina el resultado potencial de un accidente

Los resultados del Análisis son secuencias de accidentes; esto es, un juego de fallas o errores que producirán un accidente. Estos resultados

describen los posibles resultados de accidentes en término de la secuencia de eventos (sucesos o fallas de la seguridad) que siguen a un evento inicial

Un Análisis de Árbol de Eventos es muy recomendado para el análisis de procesos complejos que tienen varias etapas en el sistema de seguridad, o en los procedimientos de emergencia, en lugar de responder a eventos específicos iniciales

3.10.2 Propósito

Los Árboles de Eventos son utilizados para identificar varios accidentes que pueden ocurrir en un proceso complejo. Después de que estas secuencias de accidentes individuales son identificadas, la combinación específica de fallas que pueden ocasionar un accidente pueden entonces ser determinadas usando el Análisis de Árbol de Fallas.

3.10.3 Tipos de Resultados

Los resultados de este tipo de Análisis son el modelo del árbol de eventos y el éxito o la falla del sistema de seguridad que ocasionará para cada situación un resultado definido

La secuencia de accidentes representada en un árbol de eventos muestra la representación lógica de las combinaciones de eventos, además de que esta secuencia puede ser colocada dentro de la forma de un modelo de árbol de falla para futuros análisis cualitativos. Los analistas usan estos resultados para identificar las debilidades del diseño y de los procedimientos, normalmente aportan recomendaciones para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los accidentes potenciales peligrosos

3.10.4 Recursos Necesarios

El utilizar el Análisis del Árbol de Eventos requiere del conocimiento de los eventos potenciales iniciales (esto es, fallas del equipo o del sistema que pudieran potencialmente causar un accidente) y el conocimiento de las funciones del sistema de seguridad o procedimientos de emergencia que potencialmente disminuyan o eliminen los efectos de cada evento iniciador

Un Análisis de Árbol de Eventos puede ser realizado por un solo analista durante el tiempo que él necesite para profundizar de manera detallada en el conocimiento del sistema, pero es preferible un equipo de 2 a 4 personas.

Con respecto a su ejecución, el grupo de trabajo promueve una lluvia de ideas que favorece la elaboración de un árbol de eventos muy completo. El

equipo debe incluir al menos un miembro con conocimiento del Análisis del Árbol de Eventos y los miembros restantes deben tener conocimiento de los procesos y experiencia de trabajo en los sistemas incluidos en el análisis.

El tiempo y costo necesarios para realizar un Análisis de Árbol de Eventos dependen del número y la complejidad de los eventos iniciadores y de las funciones de seguridad incluidas en el análisis. Varios días deben ser suficientes para que el equipo evalúe varios eventos iniciadores para un proceso simple, los procesos complejos pueden necesitar muchas semanas.

La tabla 14 muestra los tiempos estimados necesarios para realizar un estudio de evaluación de riesgo usando la técnica de Análisis de Árbol de Eventos.

Tabla 14

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Árbol de Eventos

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	CONSTRUC. DEL MODELO	EVALUACIÓN CUALITATIVA	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	1 a 2 días	1 a 3 días	1 a 2 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	4 a 6 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	3 a 5 semanas

3.11 Análisis de Causa - Consecuencia

3 11.1 Descripción

Un análisis de causa consecuencia conocido como "CCA" (Cause - Consequence Analysis) es una mezcla del Árbol de Falla y el Análisis del Árbol de Eventos

Una fuerte ventaja del Análisis de Causa-Consecuencia es su uso como una herramienta de comunicación. el diagrama de causa-consecuencia muestra la relación entre los resultados de los accidentes (consecuencias) y las causas que los originaron. Este método es más comúnmente utilizado cuando la falla lógica del accidente analizado es simple, aunque la forma gráfica, la cual combina ambas técnicas, Árbol de Fallas y de Eventos en el mismo diagrama, puede llegar a ser completamente detallada

3 11.2 Propósito

El propósito de éste análisis es identificar las causas originales y las consecuencias de un accidente potencial

3 11 3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Causa Consecuencia genera diagramas que describen las secuencias de accidentes y, describen de manera cualitativa, los resultados de accidentes potenciales. La tabla 15 nos muestra los tiempos estimados para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método de Análisis de Causa-Consecuencia.

Tabla 15

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Causa-Consecuencia.

DIMENSION	PREPARACIÓN	CONSTRUC. DEL MODELO	EVALUACIÓN CUALITATIVA	DOCUMENTACION
Sistema pequeño y simple	1 a 2 días	1 a 3 días	1 a 3 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	4 a 6 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	3 a 5 semanas

3 11 4 Recursos Necesarios

Para utilizar este método se requiere del conocimiento de los siguientes datos y fuentes de información:

- El conocimiento de las fallas de los componentes o del sistema que pudieran causar un accidente

- El conocimiento del Sistema de Seguridad o de los Procedimientos de Emergencia que pudieran influir en los resultados de un accidente.
- El conocimiento de los impactos potenciales de todas estas fallas.

Un Análisis de Causa - Consecuencia es mejor realizado por un equipo pequeño (2 a 4 personas) con experiencia. Un miembro del equipo debe tener experiencia en este tipo de Análisis (o en el Análisis del Árbol de Fallas y Árbol de Eventos) mientras el resto del grupo debe tener experiencia en el diseño y operación del sistema que se va a analizar.

El tiempo y costo necesario para realizar este tipo de análisis depende grandemente del número, de la complejidad y del nivel de resolución de los eventos incluidos en el análisis. Los análisis del tipo revisión, para varios

eventos iniciadores pueden realizarse usualmente en una semana o menos.

Los estudios más detallados pueden requerir de muchas semanas dependiendo de la complejidad de algún árbol de fallas utilizado como referencia.

3.12 Análisis de Error Humano

3.12.1 Descripción

El Análisis de Error Humano conocido en inglés como "Human Reliability Analysis" (HRA), es una evaluación sistemática de los factores que influyen en

las acciones que realizan los operadores, el personal de mantenimiento, los técnicos y otro personal de la planta. Lo anterior involucra uno de los varios tipos de análisis de tareas; estos tipos de análisis describen las características ambientales y físicas de las tareas, junto con las habilidades, los conocimientos y las capacidades necesarias para realizarlas.

Un Análisis de Error Humano identificará errores de las situaciones esperadas que pueden causar o provocar accidentes. Este tipo de análisis puede utilizarse también para rastrear las causas de los errores humanos y se aplica junto con otros métodos de evaluación de riesgos.

3.12.2 Propósito

El propósito de un Análisis de Error Humano es identificar los errores humanos potenciales y sus efectos, o identificar las causas "ocultas" de los errores humanos.

3.12.3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Error Humano enumera de manera sistemática los errores que se esperan sean encontrados durante una operación normal o de emergencia, los factores que contribuyen a dichos errores y las propuestas de modificaciones al sistema para reducir la posibilidad de que se presenten

Los resultados del Análisis de Error Humano son cualitativos, pero pueden tornarse cuantitativos. El análisis incluye la identificación de la interfase del sistema afectada por un error particular y una valoración de estos errores, en relación con otros, basada en la probabilidad de que ocurran y en la severidad de las consecuencias.

Los resultados deben ser fácilmente actualizados por cambios en el diseño o el sistema, la planta o modificaciones en el acomodo del equipo.

3.12.4 Recursos Necesarios

El uso del Análisis de Error Humano requiere de los siguientes datos y

fuentes de información

- Los procedimientos de la planta
- La información de las entrevistas del personal de planta
- El conocimiento de la distribución de la planta
- Las funciones o los lugares de trabajo
- La ubicación del panel de control.
- La ubicación del sistema de alarma.

Los requerimientos del equipo o grupo varían en función del tipo de análisis. Generalmente uno o dos analistas con entrenamiento en factores humanos deben ser capaces de realizar un análisis de Error Humano para una instalación.

Los analistas deben estar familiarizados con las técnicas de entrevistas y deben tener acceso al personal de la planta para toda la información pertinente, así como a los procedimientos y a los esquemas de dibujos y a la instalación. El analista debe estar familiarizado con (o conocer a alguien que esté familiarizado con) la respuesta de la planta o las consecuencias causadas por varios errores humanos.

El tiempo y el costo para estos análisis son proporcionales al tamaño y al número de tareas, sistemas o errores que están siendo analizados. Una hora debe ser suficiente para realizar un Análisis de Error Humano aproximado[®] acerca de las tareas asociadas con un procedimiento de planta simple.

El tiempo requerido para identificar las fuentes probables de un tipo de error específico variará en función de la complejidad de las tareas involucradas, pero este análisis pudiera ser terminado en una hora. Si los resultados del análisis de tareas individuales fueron utilizados para investigar varias fuentes de error humano potencial, el tiempo requerido por fuente de error pudiera ser significativamente disminuido.

La identificación de modificaciones potenciales para reducir los incidentes de errores humanos pudiera no aumentar el tiempo necesario para un Análisis de Error Humano. La tabla 16 muestra los tiempos necesarios para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método de Análisis de Error Humano.

Tabla 16

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Error Humano.

Sistema pequeño y simple	4 a 8 horas	1 a 3 días	1 a 2 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	1 a 3 semanas

De manera global los métodos se pueden agrupar en tres tipos:

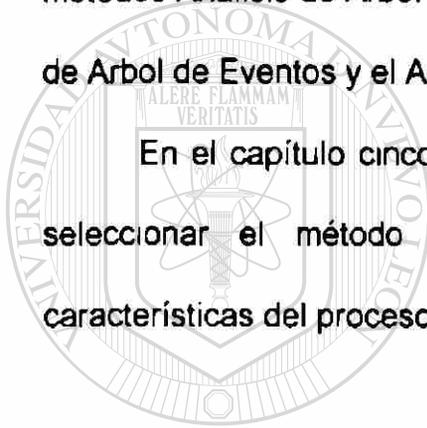
Los que ayudan a llevar a cabo una evaluación cualitativa del Riesgo identificando de manera general las situaciones potenciales de peligro. Estos métodos son cinco Revisión de Seguridad, Análisis con Lista de Verificación, Análisis con Rango Relativo, Análisis Preliminar de Riesgo y el Análisis de Probabilidad Condicionada.

Los que ayudan a realizar una evaluación semicuantitativa de Riesgo, llevando a cabo un análisis detallado de los riesgos presentes y en donde se pueden utilizar los siguientes tres métodos: El Análisis de Probabilidad

Condicionada combinado con Lista de Verificación, El Análisis de Operatividad y Riesgo y el Análisis de Modos de Falla y Efectos.

Por último los que llevan a realizar una evaluación cuantitativa de Riesgo donde se analizan a mayor detalle una o varias situaciones específicas que representan peligro en el proceso. Para este objetivo se pueden utilizar 4 métodos Análisis de Arbol de Fallas, Análisis de Causa-Consecuencia, Análisis de Arbol de Eventos y el Análisis del Error Humano.

En el capítulo cinco se verá de manera más detallada el proceso para seleccionar el método de evaluación de Riesgo en función de las características del proceso.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 4

SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS PARA UNA EVALUACIÓN DE RIESGO

La habilidad para garantizar procesos seguros en una operación o instalación depende de varios factores:

- El empleo de la tecnología adecuada en cuanto al diseño y la construcción
- La anticipación de los efectos de alguna circunstancia externa
- La habilidad para entender y saber conciliar la conducta humana
- La disposición de un efectivo sistema administrativo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Un efectivo sistema de seguridad en el proceso se logra en función de una exitosa[®]
evaluación de riesgo
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Un programa de evaluación de riesgo requiere:

- Un apoyo administrativo tangible
- Un grupo adecuado de personas, técnicamente competentes
- Una base de datos con información actualizada
- El uso de herramientas adecuadas para realizar los estudios de evaluación de riesgos.

Un estudio de evaluación de riesgo es exitoso cuando

1. Se obtiene la información necesaria en cuanto al riesgo que el proceso representa
2. Los resultados son de alta calidad y fáciles de utilizar para tomar decisiones.
3. El estudio se ha realizado con el mínimo de los recursos necesarios

Obviamente, la técnica seleccionada tiene gran importancia en el éxito del estudio

Muchos factores pueden afectar al tratar de seleccionar cuál método de evaluación de riesgo se utiliza, ¿Quién debe decidir cuál método se usará?, ¿Es apropiado y necesario que el gerente defina las bases para el estudio de evaluación?, ¿Cuáles son los objetivos principales del estudio, los resultados esperados, los recursos necesarios y el límite de tiempo para realizar el trabajo?

El seleccionar el método más apropiado es un paso crítico para asegurar el éxito del estudio. Aunque esta selección es más un arte que una ciencia, enseguida se presenta una estrategia para seleccionar el método que más probablemente contribuirá al éxito del estudio.

La experiencia recomienda que no es conveniente que solo los gerentes determinen la técnica a utilizar, sino que también a los especialistas en la evaluación de riesgos se les debe permitir que participen al seleccionar el método apropiado para realizar el estudio

4.1 Factores que Influyen en la Selección

El proceso de seleccionar el método más apropiada de evaluación de riesgo puede ser algo difícil para alguien inexperto porque aparentemente, el mejor pudiera no serlo. Cuando los analistas tienen experiencia en los diferentes métodos la tarea de escoger una técnica apropiada se vuelve muy fácil y hasta instintiva. La tabla 17 muestra 6 categorías de factores que el analista debe de considerar cuando selecciona un método de evaluación de riesgo para alguna aplicación específica.

La importancia que cada una de esas categorías tiene en el proceso de selección puede variar de maniobra en maniobra, de compañía a compañía y de industria a industria. Sin embargo las observaciones generales acerca de la relativa importancia de esos factores debe ser verdadera y muy cercana para cada situación

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

TABLA 17

Factores que Pueden Influir en la Selección de los Métodos de Evaluación de Riesgo

• Que motivación existe para el estudio
• El tipo de resultados que se necesitan
• Tipo de información disponible para realizar el estudio
• Características del problema a analizar
• El riesgo que se percibe del proceso o actividad sujeta a estudio
• Disponibilidad de recursos y las preferencias del analista y gerente

La motivación para el estudio y el tipo de resultados necesarios deben ser los factores más importantes que el analista debe considerar. El método seleccionado debe ser la forma más efectiva para proveer la información requerida para satisfacer las razones del estudio.

El tipo de información disponible, las características del problema analizado y el riesgo percibido del proceso o actividad en estudio están limitados por las condiciones en que se encuentra dicho proceso ó actividad. Estos factores representan condiciones sobre las cuales el analista normalmente no tiene control. Si estos factores dominan la selección del análisis, el ó ella pueden no estar capacitados para seleccionar algún otro método que esté fuera de lo que estos factores le permiten. Por ejemplo, si todos los factores indican que el método de Análisis de Arbol de Fallas debe ser usado para una situación particular, pero no hay disponibles los dibujos detallados del proceso para definir las características del sistema y sus fallas, entonces el analista debe también corregir la información deficiente (por ejemplo, obtener dibujos detallados) ó escoger otro método. Si los dibujos no están disponibles, porque no han sido actualizados, entonces pudiera ser una opción el hacerlos, aunque esto representa tiempo consumido y costo.

Por otro lado, si el proceso en estudio está en la fase de diseño conceptual será imposible obtener dibujos detallados, por lo tanto deberá ser seleccionado otro método a menos que el líder del equipo de evaluación crea que el Análisis del Arbol de Fallas pueda ser aplicado en una forma menos detallada y cumpla con los objetivos del estudio de evaluación de riesgo.

La última categoría involucra la disponibilidad de recursos y la preferencia del analista/gerente por alguno de los métodos. Aunque son consideraciones importantes, ellas no deben dominar al seleccionar uno de los métodos de evaluación de riesgo. Lamentablemente, estos factores son de los principales que el analista considera

Un método de evaluación de riesgo seleccionado solo por el bajo costo, o porque la técnica es frecuentemente utilizada, puede arrojar resultados ineficientes, de baja calidad ó incorrectos. La siguiente sección analizará cada categoría y dará ejemplos de los factores que el analista deberá considerar cuando seleccione un método apropiada de evaluación de riesgo.

4.1.1 Motivación para el Estudio de Evaluación de Riesgo

La motivación es el factor más importante para cualquier analista de riesgo. El realizar un estudio de evaluación de riesgo sin tener una motivación y sin poseer un propósito bien definido es desperdiciar los recursos sin lograr mejorar la seguridad en el proceso.

Un sinnúmero de razones pueden formar el propósito de un estudio. Por ejemplo, ¿Cuál es en primer lugar el deseo de realizar el estudio?, ¿Está siendo el estudio oficializado como parte de una política para realizar estudios de evaluación de riesgo?

de nuevos procesos?, ¿Son necesarias las justificaciones para tomar decisiones administrativas de riesgo para mejorar el desarrollo del proceso ya existente? y ¿Está haciéndose el estudio para cumplir un requerimiento legal o regulatorio?

El analista de riesgo responsable de seleccionar el método más apropiado y adecuar los recursos físicos, técnicos y humanos necesarios, debe de proveer un propósito escrito y bien definido, de modo que ellos puedan eficientemente ejecutar el documento oficial del estudio

4 1.2. Tipos de Resultados Necesarios

Definir el tipo específico de información necesaria para satisfacer los objetivos del estudio es una parte importante para seleccionar el método más adecuado. La siguiente lista muestra cinco categorías de información que pueden obtenerse de un estudio de evaluación de riesgo:

- Una lista de peligros
- Una lista de situaciones de accidentes potenciales
- Una lista de alternativas para reducir riesgos o áreas que necesitan estudios posteriores
- Una jerarquización de resultados
- Las entradas para un análisis de riesgo cuantitativo

Algunas técnicas se pueden utilizar solamente para identificar los peligros asociados con el proceso o la actividad. Si éste fuera el único propósito del estudio, puede ser seleccionada un método, que generará una lista ó un barrido de las áreas del proceso u operación que presenten de manera particular características peligrosas. Todos los métodos pueden proveer de manera aproximada una lista de situaciones de accidentes potenciales y posibles alternativas para la reducción de riesgos. Algunas de los métodos de evaluación de riesgo pueden ser utilizados para jerarquizar las acciones de riesgo que cada una de las partes del proceso presentan, en base a la percepción del grupo de trabajo.

Si una organización prevé que sus necesidades de información para la administración de riesgo probablemente no sean satisfechas por un análisis cualitativo, entonces el analista de riesgo puede elegir utilizar otro método que pueda proporcionar más entradas en datos, como base para realizar un Análisis Cuantitativo de Riesgo.

4 1 3. Tipo de Información Necesaria para Realizar el Estudio

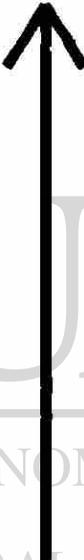
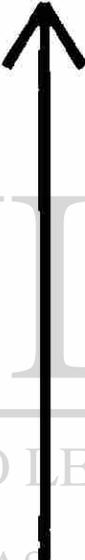
Existen dos condiciones que ayudan a definir qué información es necesaria para el equipo de evaluación de riesgos:

- (a) La etapa de vida del proceso o actividad.
- (b) La calidad y actualidad de la documentación disponible.

La primera condición es fijada por algún estudio de evaluación de riesgo y el analista no puede hacer algo para cambiar. La tabla 18 muestra qué información llega a ser necesaria a través de la evolución de la planta.

TABLA 18

Información Típica Necesaria para un Análisis de Riesgo

Tipo de información	Nivel de incremento en el detalle	Tiempo en que la información llega a ser necesaria para la inspección del proyecto.
<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en una operación específica • Procedimientos de operación • Equipo existente • Diseño de instalaciones y tubería • Diagramas de flujo del proceso • Experiencia con procesos similares • Inventario de materiales • Bases del proceso químico • Datos físicos y químicos del material 		

La etapa de vida del proceso establece el límite práctico de detalle en la información necesaria para el equipo de evaluación de riesgo. Si el analista cree que debido a lo deficiente de la información los objetivos del estudio no pueden ser cumplidos, aún y cuando se utilice un método apropiado, él deberá recomendar al gerente que los objetivos sean revisados nuevamente o, en caso contrario, retrasar el estudio hasta contar con la suficiente información.

La segunda condición a negociar es la calidad y la actualización de la información. Si el analista realiza un estudio de evaluación de riesgo en un proceso, utilizando datos no vigentes, se estarán desperdiciando recursos y tiempo. Por lo tanto es necesario que el analista verifique con el gerente que se tengan actualizados los dibujos de la planta. Una buena planeación en la creación de esta información puede ayudar a evitar retardos en la realización de los estudios de riesgo.

4.1.4 Características del Problema Analizado

Las características que el analista debe definir al analizar un proceso o una planta se pueden dividir en cinco áreas:

- 1 La complejidad y tamaño del problema

2. El tipo de proceso
- 3 El tipo de operación(es) incluida(s) en el proceso
- 4 La naturaleza de los riesgos involucrados
- 5 Los registros de accidentes o situaciones de posibles accidentes que sean de interés

1.-) La complejidad y tamaño del problema son importantes porque algunos métodos de evaluación de riesgo pueden ser superados por la complejidad de los problemas a analizar. Estos dos factores están en función del número de procesos o sistemas que están siendo analizados, del número de piezas de equipo en cada proceso o sistema,

del número de pasos de operación y del número de tipos de peligros y efectos que están siendo analizados (por ejemplo, fuego, tóxico, explosión, económico ó ambiental).

Es particularmente importante que el analista seleccione un nivel de resolución que sea compatible con el propósito del estudio. Por ejemplo, si una gran instalación va a ser analizada, el líder del equipo, prudentemente, deberá dividir la instalación en un número mas pequeño de áreas, tantas como el estudio lo requiera. Diferentes técnicas pueden incluso ser aplicadas para analizar cada parte del proceso, dependiendo de las características del problema a analizar

Sin embargo, si el propósito de realizar el estudio de evaluación de riesgo es principalmente para definir los riesgos ó peligros (por ejemplo desarrollar planes de respuesta a emergencias), los analistas deben escoger un nivel de resolución que revise al sistema como un todo y no cada componente de manera individual.

Para propósitos de elaboración de planes de emergencia, un analista puede utilizar un análisis de Probabilidad Condicionada (What - If) para identificar los tipos generales de secuencias de accidentes que pueden tener un efecto sobre la población de la planta. Para muchas técnicas de evaluación de riesgo, el considerar un gran número de artículos en los equipos o pasos de operación incrementará el tiempo y el esfuerzo necesario para realizar el estudio. Por ejemplo al utilizar la técnica de Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) tomará 5 veces más esfuerzo para un proceso que tiene 100 partes de equipo que para un proceso que tiene 20. El tiempo para entrevistas en la Técnica de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) para analizar un sistema de

operación de un reactor batch que consiste de 50 pasos de operación tomará casi el doble de tiempo que el análisis de un proceso batch con 25 pasos. Finalmente, el tipo y número de riesgos y efectos que serán evaluados son proporcionales al esfuerzo requerido para realizar un estudio de evaluación de riesgo, aunque en algunos casos puede que no sea una relación lineal.

Los analistas deben considerar cuidadosamente el tiempo y el esfuerzo extra que tomará analizar una variedad de riesgos en un sistema complejo. Por ejemplo, el analizar todos los tipos de riesgos, al mismo tiempo en un proceso complejo puede hacer difícil para el analista el enfocar de manera objetiva la importancia de las situaciones de accidentes que se involucren en una clase de peligros analizados. Por otro lado, sistemas o procesos complejos que cuentan con muchas piezas similares, o iguales, no requieren de tanto tiempo para ser analizados.

2 -) El tipo de proceso también afecta la selección de una técnica de evaluación de riesgo. Un proceso individual puede estar compuesto de uno o más procesos tipo. La mayoría de las técnicas de evaluación de riesgo pueden ser usadas para casi cualquier tipo o combinación de los procesos tipo.

Sin embargo, ciertas técnicas son más adecuadas para algunos procesos en particular. Por ejemplo, el Análisis de Modos de Falla y Efectos es altamente recomendado para analizar eficientemente los riesgos asociados a los sistemas computacionales y electrónicos.

La tabla 19 brinda ejemplos de los diferentes tipos de procesos en los que se puede realizar un estudio de evaluación de Riesgo.

TABLA 19

Tipos de procesos en los que se puede realizar una evaluación de Riesgo

TIPOS DE PROCESOS	EJEMPLO
QUIMICO	Reacción catalítica en un reactor transportador químico
FISICO	Separación de una mezcla química por una columna de destilación.
MECANICO	Manejo de material seco en un transportador de tornillo
BIOLOGICO	Fermentación en un cuarto incubador
ELECTRICO	Sistema de suministro eléctrico 480 volts A C
ELECTRONICO	Circuitos integrados en un PLC
COMPUTACIONAL	Sistema de control digital en base microprocesador
HUMANO	Mezcla manual de dos químicos en tanque abierto

3 -) El tipo de operación que se tiene en el proceso a estudiar también influye para la selección de la técnica de evaluación a utilizar.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La selección de las técnicas puede ser afectada si una operación es:

Instalación fija o sistema de transportación,

Permanente o transitoria,

Continua, Semi-batch o Batch

Si los accidentes potenciales involucran sistemas de transportación, típicamente involucrarán eventos discretos y simples (por ejemplo, fallas de vehículos debido a

impacto). Los métodos de análisis de falla sencillos, tales como Análisis de Modos de Falla y Efectos, Análisis de Probabilidad Condicionada (What - If), Análisis de Probabilidad Condicionada + Lista de verificación, son usados más frecuentemente que el Análisis de Arbol de Fallas. Sin embargo, algunas veces se utiliza el Análisis de Arbol de Eventos para considerar la combinación de circunstancias que rodean a un derrame desde un vehículo de transporte.

La permanencia de los procesos también puede afectar la decisión de la selección si todos los factores son iguales, el analista puede utilizar una técnica más detallada y exhaustiva si sabe de antemano que el proceso operará continuamente un largo período de tiempo.

El análisis más detallado y mejor documentado, acerca de una operación permanente puede ser usado para apoyar muchas actividades para la Administración de la Seguridad en los Procesos. Por ejemplo, un Análisis de Riesgo y Operatividad (HAZOP) contiene una lista de operaciones para evaluar a detalle los tipos de paros, causas, consecuencias, acciones de emergencia, etc. que pudieran ser utilizadas en un programa de entrenamiento al operador.

Cuando se trata de analizar una operación de un tiempo el analista puede escoger una técnica menos extensa, como por ejemplo una revisión de seguridad. Sin embargo, los analistas se muestran cautelosos a reconocer que una operación temporal puede presentar riesgos importantes que pudiera justificar el uso de una técnica más detallada, como es el caso del Arbol de Fallas.

Finalmente, algunos métodos como el Análisis de Probabilidad Condicionada o la combinación del Análisis de Probabilidad Condicionada + Lista de Verificación, Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP), Análisis de Arbol de Eventos o el de Error Humano, son más recomendados para proceso Batch o por lotes o cargas. Los métodos de Análisis de Arbol de Falla, Modos de Falla y Efectos y el de Causa-Consecuencia no pueden exactamente determinar el tiempo normal de cada operación.

4.-) La naturaleza de los riesgos, asociados a los procesos, tiene una influencia menor en la selección de una técnica de evaluación de riesgo.

La toxicidad, el fuego, la explosión, los peligros de reactividad, etc. pueden ser analizados con cualquiera de los métodos aquí mencionados, aunque algunos índices de Rango Relativo cubrirán sólo ciertos riesgos (por ejemplo, el Índice Dow de explosión y fuego solamente cubre los riesgos de fuego y explosión).

5 -) Accidentes Registrados o Situaciones de Interés

El carácter de un estudio de evaluación de Riesgo puede señalar una variedad de tipos de falla, eventos o situaciones de interés, como los que siguen;

1. Fallas simples vs. Fallas múltiples
- 2 Pérdidas simples por actividades no realizadas
- 3 Pérdidas por mal funcionamiento en alguna actividad
- 4 Fallas en el proceso
5. Falla en las herramientas utilizadas, en los procedimientos o fallas humanas.

Es mayor la influencia en esta categoría de factores cuando el análisis es realizado en una situación de falla múltiple por ser una evaluación compleja. El análisis de Arbol de Fallas, Arbol de Eventos, Análisis de Causa - Consecuencia y el de Error Humano son principalmente utilizados para estas situaciones.

Los métodos orientados a fallas simples como el Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) y el de Modos de Fallas y Efectos no son normalmente utilizados para este propósito, aunque pueden utilizarse, para evaluar someramente situaciones de accidentes simples que involucren más de un evento. Los factores restantes tienen relativamente un impacto menor en el proceso de selección

4.1.5. El Riesgo Percibido de la Actividad o Proceso en Estudio

Si todos los estudios para evaluación de riesgo fueran perfectos no importaría cuál método de evaluación se usara, ni quién realizara el análisis, pero desafortunadamente ninguna técnica, ningún analista ni estudio pueden ser perfectos.

Ningún analista y ningún método pueden garantizar que todas las situaciones posibles de accidentes que se presenten en el proceso hayan sido identificadas. Las organizaciones tratan de combatir esta limitante en dos formas:

- Utilizan equipos interdisciplinarios para realizar el análisis, capitalizando la experiencia combinada de los miembros del equipo

Esto es equivalente a "muchas cabezas son mejor que una". Esta práctica aporta la clave para obtener una alta calidad en el estudio de evaluación de riesgo cuando se utilizan ciertas técnicas (Análisis de Riesgos y Operatividad, Análisis de Probabilidad Condicionada + Lista de Verificación).

- Las organizaciones tienden a utilizar técnicas más sistemáticas, sobre todo para aquellos procesos que ellos creen que tienen mayor riesgo, o también para situaciones en las cuales se espera que los accidentes tengan severas consecuencias.

Además del mayor riesgo percibido del proceso, lo más importante es utilizar la técnica de evaluación de riesgo que minimice la oportunidad de perder una situación de accidente importante

Una organización tiene varios tipos de información a su disposición para ayudar al analista a entender el riesgo en un proceso o actividad:

- La "cantidad" de experiencia con el proceso.
- La naturaleza de la experiencia con el proceso
- La relación permanente con la experiencia del proceso.

El factor de experiencia más importante es el período de tiempo "cantidad" sobre el cuál la experiencia es ganada

- ¿Ha estado el proceso operando durante más de 30 años?
- ¿Existen procesos iguales operando en la organización y en la industria?
- ¿Es el proceso relativamente nuevo?

Para cualquier proceso nuevo el tipo de tecnología utilizada está aún en la fase de diseño y es posible que una organización no tenga la suficiente experiencia en el proceso a ser evaluado. Algunas veces se tiene como referencia a algunas industrias con actividades similares y es cuando los miembros de alguna organización pueden compartir sus experiencias para complementar su entendimiento sobre riesgo.

El siguiente factor de experiencia a considerar es conocer el registro actual de operación del proceso:

❖ ¿Han habido frecuentes accidentes con consecuencias graves?

❖ ¿Han habido pocos y leves incidentes con pérdidas pequeñas?

A menudo sucede que un proceso que ha operado por muchos años nunca ha tenido un accidente mayor; aunque el potencial de que ocurra el accidente siempre ha existido.

La experiencia más inmediata que tiene el mayor impacto en una organización, acerca de su percepción de riesgo, es un accidente reciente que motive a los gerentes a realizar un estudio de evaluación de riesgo como parte de un seguimiento a la investigación.

El último factor a considerar es la relación actual entre la experiencia y el proceso en estudio. Pudo haber tenido el proceso muchos cambios los cuales invalidan la experiencia en la operación; por lo tanto no se considera como un indicador vigente del proceso de riesgo. O pudo haber tenido pocos cambios mínimos durante todos estos años, los que han sido adecuadamente manejados por los administradores de la organización en cambios en sus políticas. En este caso, la organización puede justificar que se tenga la confianza en la experiencia adquirida y considerarla un buen parámetro para predecir la actuación futura en la seguridad del proceso. Todos estos factores contribuyen al nivel de confianza, o de interés que una organización tiene acerca del proceso de riesgo.

Típicamente ocurre que, cuando:

- 1) El proceso ha estado operando sin accidentes durante un largo período de tiempo y el riesgo potencial para que suceda un accidente de graves consecuencias es bajo, o

- 2) Cuando han habido pocos cambios en el proceso que pudieran invalidar la experiencia adquirida, entonces

las organizaciones tenderán a seleccionar los métodos menos sistemáticos, menos exhaustivos y más utilizados o comunes para una evaluación de riesgo. Entre ellos están la Revisión de Seguridad y el Análisis con Lista de Verificación.

Por lo contrario, cuando se perciben situaciones opuestas a las anteriormente descritas se utilizan métodos más rigurosos, que ayuden más a identificar las situaciones de riesgo en el proceso, como es el caso del Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP), el Análisis con Lista de Verificación (Checklist) + Análisis de Probabilidad Condicionada (What - If) y el Análisis de Arbol de Fallas.

4.1.6. Recursos Disponibles y Preferencias

Una gran variedad de factores pueden influir en la selección de la técnica para la evaluación de riesgo. Algunos factores que comúnmente influyen son:

- La disponibilidad de habilidades y el conocimiento del personal que realizará el estudio.
- Los datos con los que se cuenta para realizar el estudio.
- Los recursos financieros
- La preferencia del analista de riesgo para utilizar algún método.
- La preferencia del (los) gerente(s) que autoriza(n) el estudio de evaluación de riesgo.

Generalmente deben estar disponibles dos tipos de personal para el estudio:

- Guías capacitados y hábiles en la aplicación del método seleccionado para realizar el estudio.
- Gente con conocimiento en el proceso o en la actividad que se va a analizar.

Si no se cuenta con ingenieros de diseño, operadores personal de mantenimiento etc., la calidad del estudio de evaluación de riesgo no se puede garantizar. También es importante contar con personal capacitado en el uso de alguna técnica, en particular para obtener un resultado efectivo del estudio. Algunas técnicas, por su misma naturaleza pueden requerir de guías con menos práctica, sin embargo la experiencia ha demostrado que tener un guía experto en ese tipo de estudios aumenta la oportunidad de alcanzar el éxito.

Muchas técnicas de evaluación requieren de la interacción creativa de los participantes en un grupo. Las entrevistas pueden durar por días, semanas o meses dependiendo de la complejidad del proceso en estudio.

Otros métodos (por ejemplo el de Arbol de Fallas) pueden ser utilizadas primero de manera individual. Sin embargo, esta forma individual de trabajo requiere de cierto tiempo de "gestación" para capacitar al analista a crear modelos realistas de las causas de accidentes potenciales.

La participación del grupo en este tipo de técnicas puede que no sea tan útil. Sin embargo, estos modelos pueden ser construidos en base a la información derivada de una entrevista del grupo o puede ser revisada de manera eficiente durante un recorrido del proceso a evaluar que el grupo realice. El analista debe seleccionar el método que producirá los resultados deseados y que utilice los menores recursos en el mínimo de tiempo.

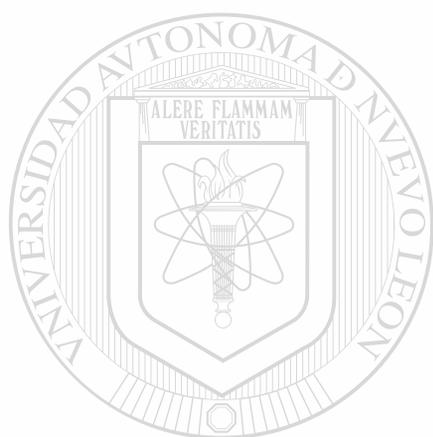
Es necesario conocer la cotización para los estudios de evaluación de riesgo para que una organización prepare un plan para implementar las actividades que manejen la seguridad en todo el proceso

La tabla 20 resume una estimación del esfuerzo técnico necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo, desde un proceso pequeño y simple hasta un proceso grande y complejo. Esta información proporciona al analista solo una idea aproximada del esfuerzo que ellos deberán desarrollar para realizar el estudio de evaluación de riesgo. En suma, debido a que hay muchos otros factores que influyen en el tiempo y el esfuerzo, los analistas deben utilizar estos estimados, con gran precaución.

El tiempo actual necesario para realizar un estudio puede ser mucho más largo (o más corto) que lo que se estima en la tabla 20. Cuando los analistas obtienen experiencia con cada técnica de evaluación llegan a estar mejor preparados para estimar más exactamente el tamaño del estudio para las instalaciones y son más eficientes al realizar las tareas.

La calidad de los resultados de un estudio de evaluación de riesgo son inevitablemente una función de la calidad del esfuerzo del grupo. Si la organización no cuenta con un guía capacitado para dirigir el estudio se debe capacitar a alguien para que lo realice; otra opción es la de contratar consultores externos que dirijan y autoricen el estudio de evaluación de riesgo. Al final, la organización debe tratar de hacer tantos estudios como sea posible, utilizando su propio personal para capitalizar de mejor manera todo lo que se aprende de la experiencia.

Idealmente el estudio debe ser realizado utilizando los métodos que son más familiares para el guía del grupo y para el resto de los participantes. La preferencia de los gerentes por el uso de alguna técnica no debe opacar a otras razones técnicas para seleccionar un método en particular. Los análisis de riesgo deben ayudar para educar al gerente con ejemplos tangibles, sobre los beneficios, las fuerzas, las limitaciones y los costos relativos de cada técnica.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

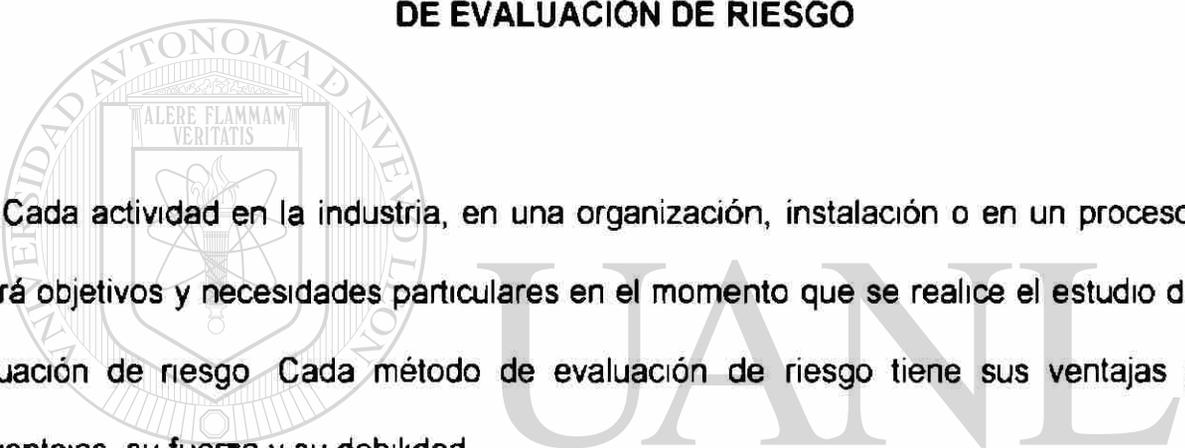
Tabla 20 Tiempos estimados para realizar un estudio de Evaluación de Riesgo

TECNICA	FASE DEL ESTUDIO DE ANALISIS DE RIESGO											
	PREPARACION		MODELADO		EVALUACION		DOCUMENTACION					
	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande				
Revisión de Seguridad	2 a 4 h ^a	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	4 a 8 h	3 a 6 d				
Análisis con lista de verificación	2 a 4 h	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	4 a 8 h	2 a 4 d				
Rango Relativo	2 a 4 h	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	4 a 8 h	3 a 5 d				
A Preliminar de Riesgo	4 a 8 h	1 a 3 d	na	na	1 a 2 d	4 a 7 d	1 a 2 d	4 a 7 d				
A Probabilidad Condicionada	4 a 8 h	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	1 a 2 d	1 a 3 s				
A Probabilidad Condicionada / Lista de Verificación	6 a 12 h	1 a 3 d	na	na	6 a 12 h	4 a 7 d	4 a 8 h	1 a 3 s				
A de Riesgos y Operatividad	8 a 12 h	2 a 4 d	na	na	1 a 3 d	1 a 3 s	2 a 6 d	2 a 6 s				
A Modos de Falla y Efectos	2 a 6 h	1 a 3 d	na	na	1 a 3 d	1 a 3 s	1 a 3 d	2 a 4 s				
A de Arbol de Falla	1 a 3 d	4 a 6 d	3 a 6 d	2 a 3 s	2 a 4 d	1 a 4 s	3 a 5 d	3 a 5 s				
A de Arbol de Eventos	1 a 2 d	4 a 6 d	1 a 3 d	1 a 2 s	1 a 2 d	1 a 2 s	3 a 5 d	3 a 5 s				
A Causa-Consecuencia	1 a 2 d	4 a 6 s	1 a 3 d	1 a 2 s	1 a 3 d	1 a 2 s	3 a 5 d	3 a 5 s				
A Error Humano	4 a 8 h	1 a 3 d	1 a 3 d	1 a 2 s	1 a 2 d	1 a 2 s	3 a 5 d	1 a 3 s				

^ah horas, d días, s semanas, m meses, na no aplica

CAPITULO 5

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES PARA SELECCIONAR EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGO



Cada actividad en la industria, en una organización, instalación o en un proceso, tendrá objetivos y necesidades particulares en el momento que se realice el estudio de evaluación de riesgo. Cada método de evaluación de riesgo tiene sus ventajas y desventajas, su fuerza y su debilidad.

Es muy importante, antes de iniciar el estudio de riesgo, el poder determinar la situación real de cada uno de los factores que influyen en la selección del método de análisis más adecuado para realizar el estudio.

Los factores que influyen en la selección son: el motivo del estudio, el tipo de resultados esperados, el tipo de información disponible, las características del problema, el riesgo percibido y la experiencia en el proceso, los recursos disponibles y las preferencias en alguna técnica variarán en grado de importancia, en función de las circunstancias en que cada técnica de evaluación de riesgo se aplique.

Es por ello que se ha construido un diagrama (ilustrado en la fig. 2) en el cual se sigue un proceso de toma de decisiones y en el que se sugiere un orden lógico para considerar todos estos factores que ayudarán a "fotografiar" la situación actual de la industria o proceso a evaluar, así como también ayudará a definir los objetivos y las necesidades que se persiguen al realizar el estudio de riesgo.

Definitivamente los factores que involucran motivación y tipos de resultados deben ser los más importantes para cada organización. Estos factores satisfacen la necesidad de tener un mayor entendimiento del riesgo, lo cuál posiblemente ayude a una más rápida autorización para un estudio de evaluación de riesgo.

La información disponible, las características del problema y la percepción del riesgo pueden variar en grado de importancia al compararse unos con otros, dependiendo de la cultura del que dirige la organización y de las instalaciones.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La cantidad de recursos necesarios para apoyar a un grupo de personas para un estudio de análisis de riesgo debe ser el último factor a considerar en la selección de la técnica, aunque esto debe ser juiciosamente utilizado para seleccionar entre las alternativas de análisis

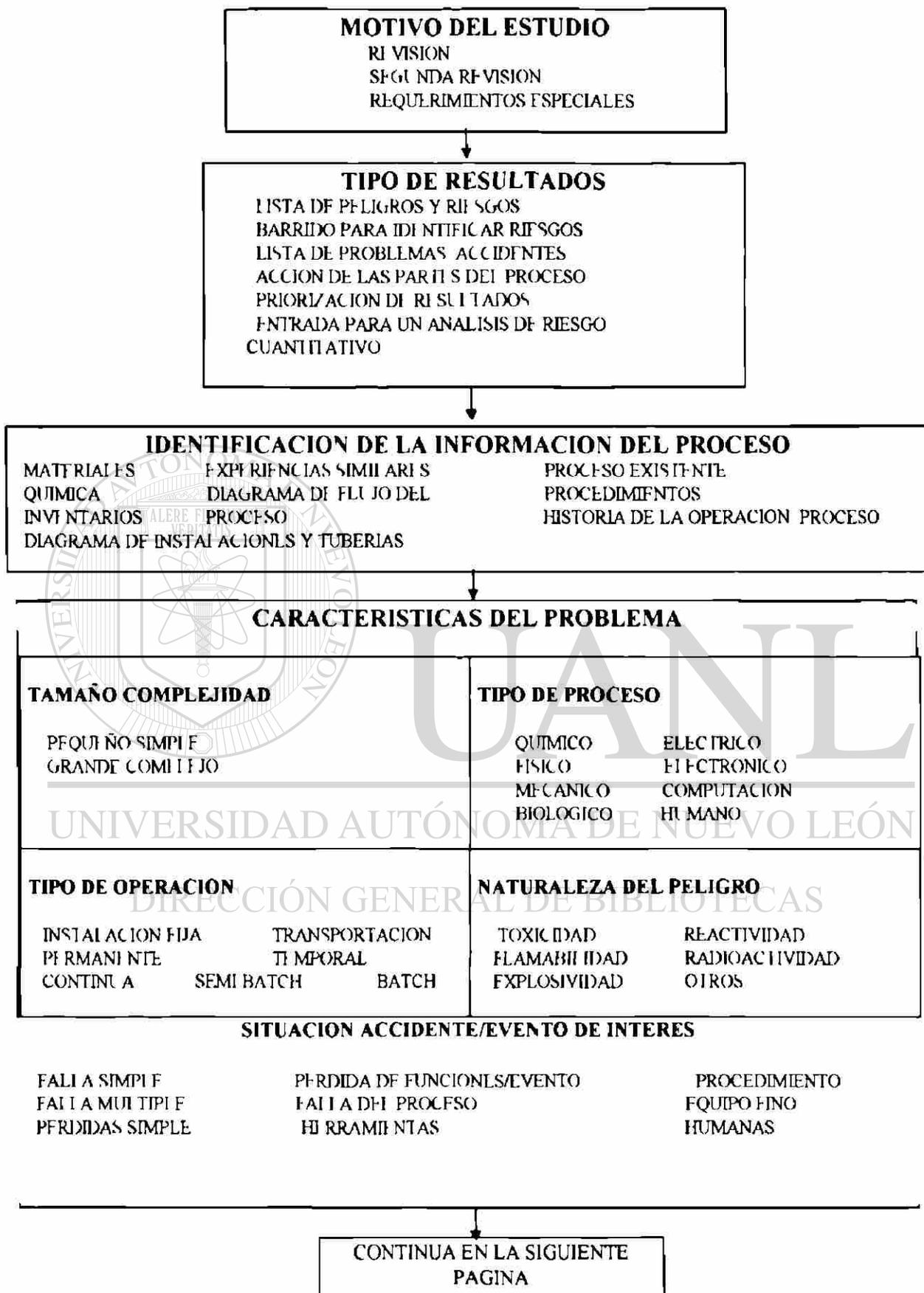


Figura 2. Diagrama del proceso de toma de decisiones



CONTINUACIÓN



RIESGO PERCIBIDO Y EXPERIENCIA			
TIEMPO DE EXPERIENCIA LARGA CORTA NINGUNA SOLAMENTE CON PROCESOS SIMILARES	EXPERIENCIA EN ACCIDENTES COMUN MUCHA POCAS NADA	IMPORTANCIA DE LA EXPERIENCIA. NINGUN CAMBIO POCOS CAMBIOS MUCHOS CAMBIOS	RIESGO PERCIBIDO ALTO MEDIO BAJO



RECURSOS Y PREFERENCIAS
 DISPONIBILIDAD DE PERSONAL CAPACITADO
 REQUERIMIENTOS DE TIEMPO
 FONDOS NECESARIOS
 PREFERENCIA DEL ANALISTA/GERENTE



SELECCIONE LA TECNICA

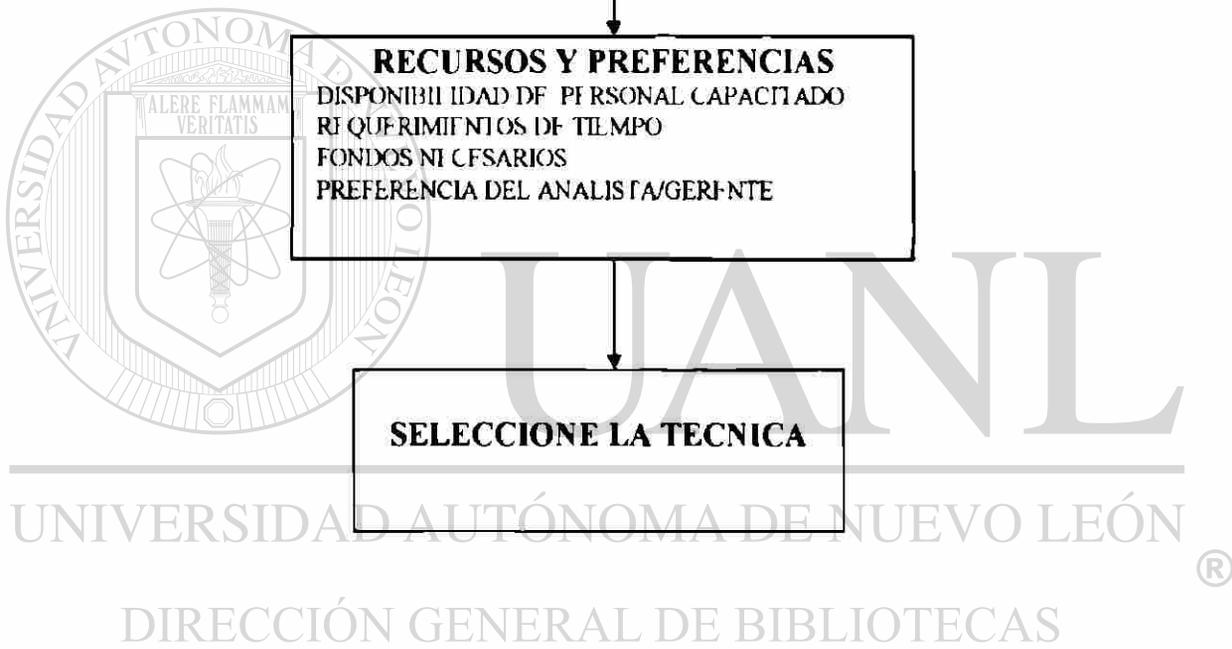


Figura 2. Continuación del diagrama del proceso de toma de decisiones

5.1 Propuesta del Criterio de Selección

Aunque es difícil desarrollar una guía lógica de decisión universalmente aplicable para todas las industrias o instalaciones es conveniente ilustrar el proceso para la selección de las técnicas de evaluación de riesgo que uno pudiera utilizar como apoyo

La figura 3 presenta un diagrama de flujo detallado que las organizaciones pueden utilizar en dos formas diferentes:

- Para seleccionar directamente la técnica de evaluación de riesgo.
- Para ayudar a desarrollar su propia filosofía y guía interna con respecto al uso de las técnicas de evaluación de riesgo.

Se utilizan las siguientes abreviaciones para las técnicas de evaluación de riesgo, (en paréntesis) en los diagramas de flujo que a continuación se presentan:

*Revisión de Seguridad (RS) *Análisis de Riesgos y Operatividad (ARO)

*Análisis con Lista de Verificación(LV) *Análisis Modos de Falla y Efectos(AMFE)

*A. de Rango Relativo (RR) *Análisis de Arbol de Eventos (AE)

*A. Preliminar de Riesgo (APR) *Análisis de Arbol de Fallas (AF)

*A Probabilidad Condicionada (APC) *Análisis de Causa-Consecuencia (ACC)

*A Probabilidad Condicionada/ *Análisis de Error Humano (AEH)

Lista de Verificación (APC/LV)

Los diagramas de flujo "A" , "B", "C", se proponen para tres diferentes tipos de resultados:

- Cuando se quiere realizar un barrido grueso del sistema (sin detalle fino) y al final se requiera obtener una lista general de riesgos.

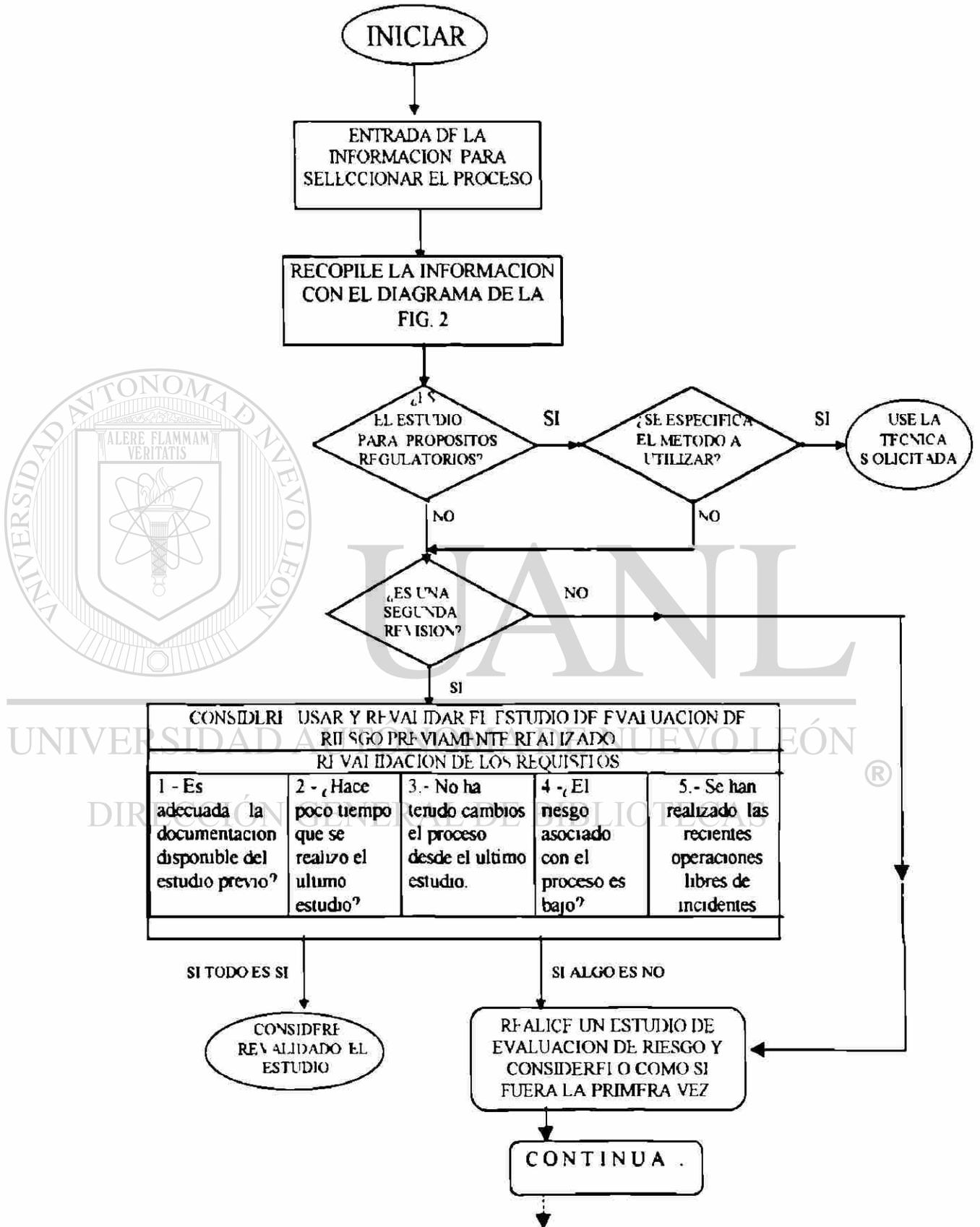
- Cuando se quiere hacer una revisión o verificación del sistema y obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

- Cuando se quiere realizar una revisión a detalle del sistema para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Estos diagramas podrán seguirse siempre y cuando no se haya definido de antemano por algún organismo regulador el método a utilizar para el estudio de riesgo o que se haya revalidado algún estudio de evaluación de riesgo previamente realizado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DIAGRAMA DE FLUJO PARA SELECCIONAR UNA TECNICA DE EVALUACION DE RIESGO.



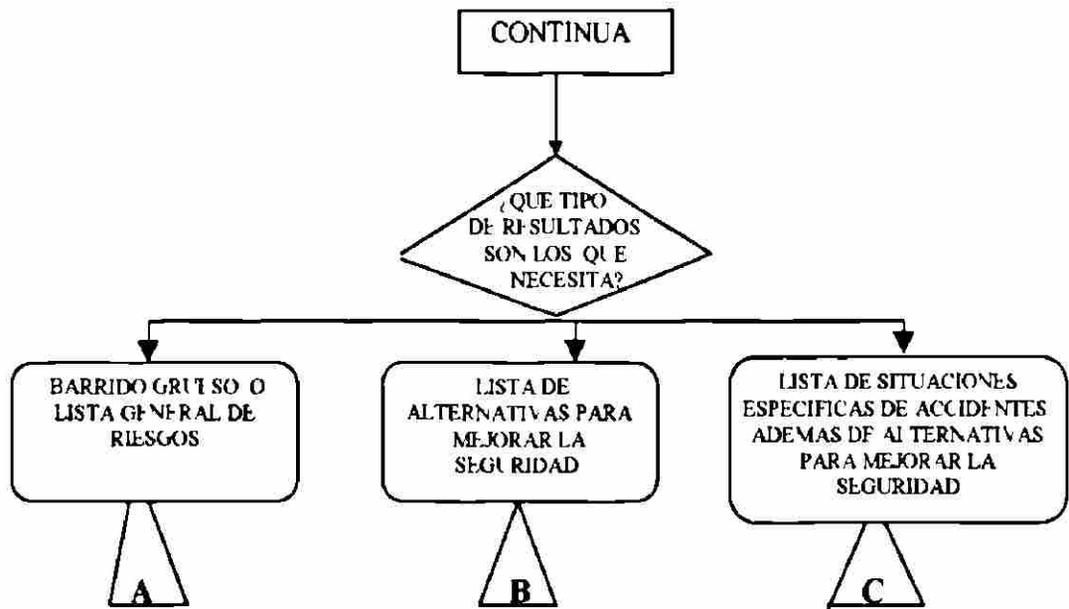


Figura 3 Diagrama para seleccionar una tecnica de Evaluación de Riesgo

5.1.1 Diagrama de Flujo "A" para Obtener una Lista General de Riesgos.

Se propone para realizar un barrido grueso del sistema en donde al final se obtenga una lista general de riesgos.

Los métodos a utilizar para lograr este objetivo pueden ser:

- **Revisión de Seguridad o Listado de Verificación**, cuando exista experiencia del proceso.

- **Análisis de Probabilidad Condicionada** o la combinación de **Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación**, cuando no haya experiencia en el proceso

- **Análisis de Rango Relativo o Análisis Preliminar de Riesgo**, cuando se requiera clasificar las áreas del proceso.

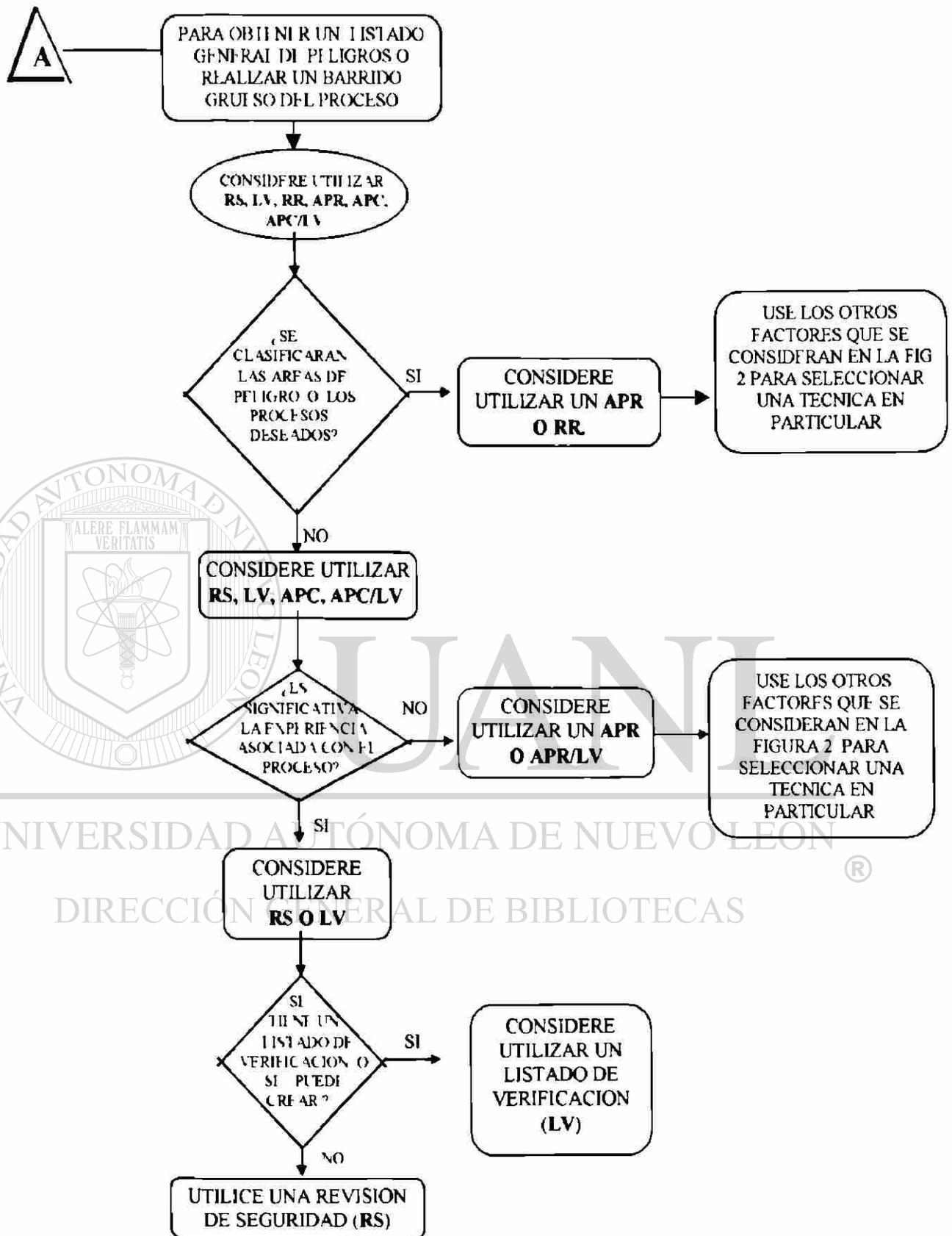


Figura 4. Diagrama "A" para obtener una Lista General de Riesgos

5.1..2 Diagrama de Flujo "B" para obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad

Se propone para realizar una revisión o verificación del sistema y obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Los métodos a utilizar para éste requerimiento son:

- **Revisión de Seguridad**, cuando hay experiencia en el proceso y está en operación.
- **Lista de Verificación**, cuando hay experiencia en el proceso pero no está en operación.

Análisis Preliminar de Riesgo, Análisis de Probabilidad Condicionada o la combinación de Análisis de Probabilidad Condicionada con Lista de Verificación, cuando no haya experiencia en el proceso.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

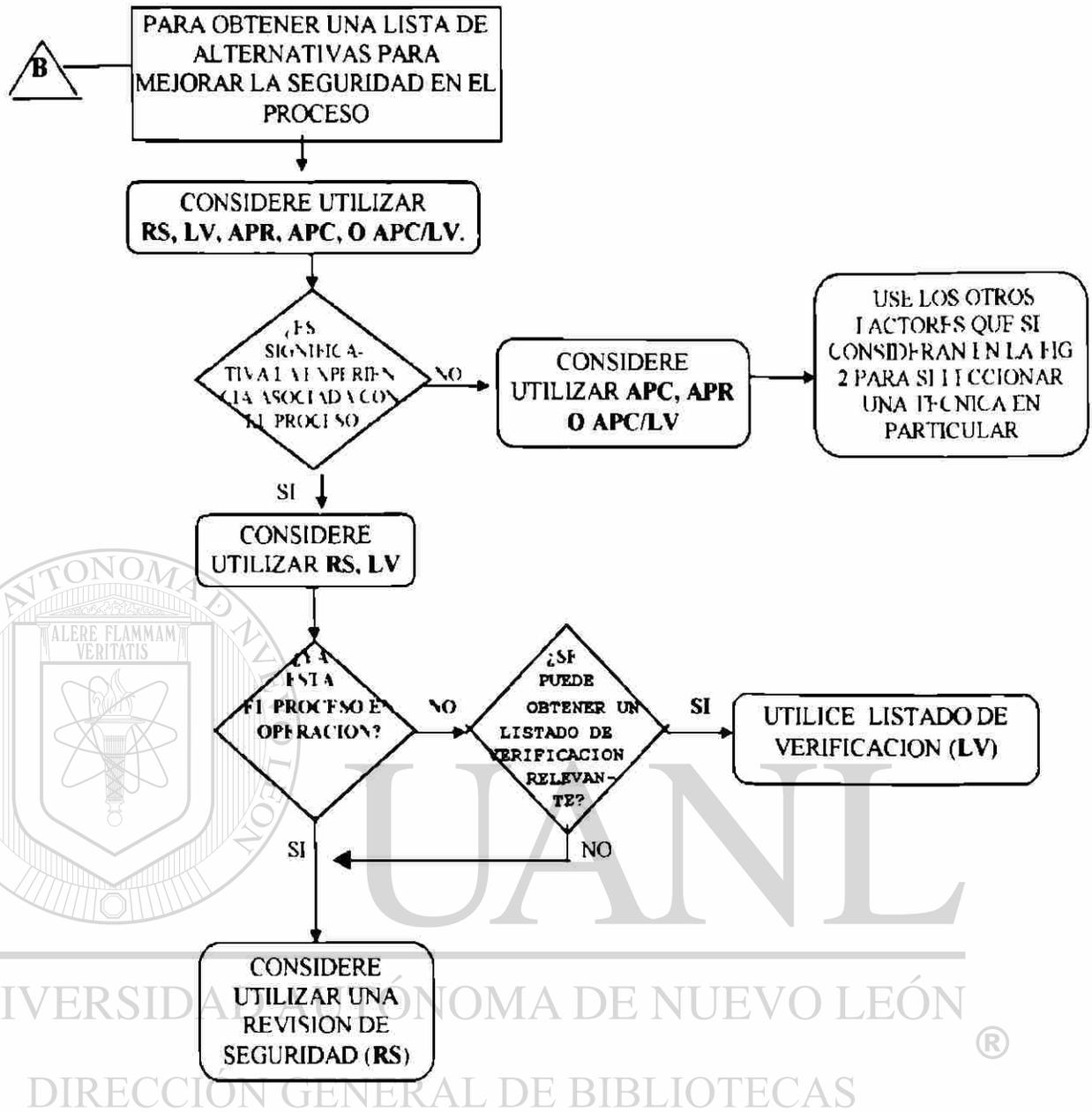


Figura 5. Diagrama “B” para obtener una Lista de Alternativas para mejorar la Seguridad.

5.1.3 Diagrama de Flujo "C" para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Se propone para realizar una revisión a detalle del sistema para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Los métodos que se pueden utilizar para lograr este objetivo son:

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación

Análisis de Riesgos y Operatividad

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Análisis de Arbol de Fallas

Análisis de Arbol de Eventos

Análisis de Causa - Consecuencia

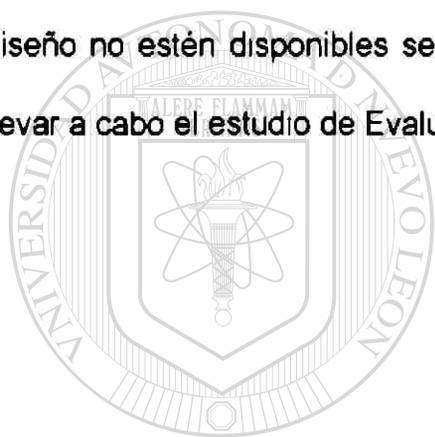
Análisis de Error Humano,

Estos métodos se pueden usar cuando los resultados no vayan a emplearse para iniciar un análisis de riesgo cuantitativo.

En el caso de utilizar los resultados para un Análisis de Riesgo Cuantitativo, que es un procedimiento formal y riguroso para calcular el riesgo y evaluar su aceptabilidad, (23) y si el proceso a analizar está operando, los procedimientos están disponibles y

los errores humanos son los de mayor interés a detectar en el proceso se recomienda utilizar el método de **Análisis de Error Humano**. Si no son los errores humanos los de mayor interés para detectar en el proceso y se tiene la información de diseño disponible, se recomienda utilizar las siguientes técnicas: **Análisis de Riesgos y Operatividad, Análisis de Modos de Falla y Efectos, Arbol de Falla o Arbol de Eventos.**

Cuando el proceso no esté en operación, y los procedimientos y la información de diseño no estén disponibles se debe primero de recopilar esta información antes de llevar a cabo el estudio de Evaluación de Riesgo.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

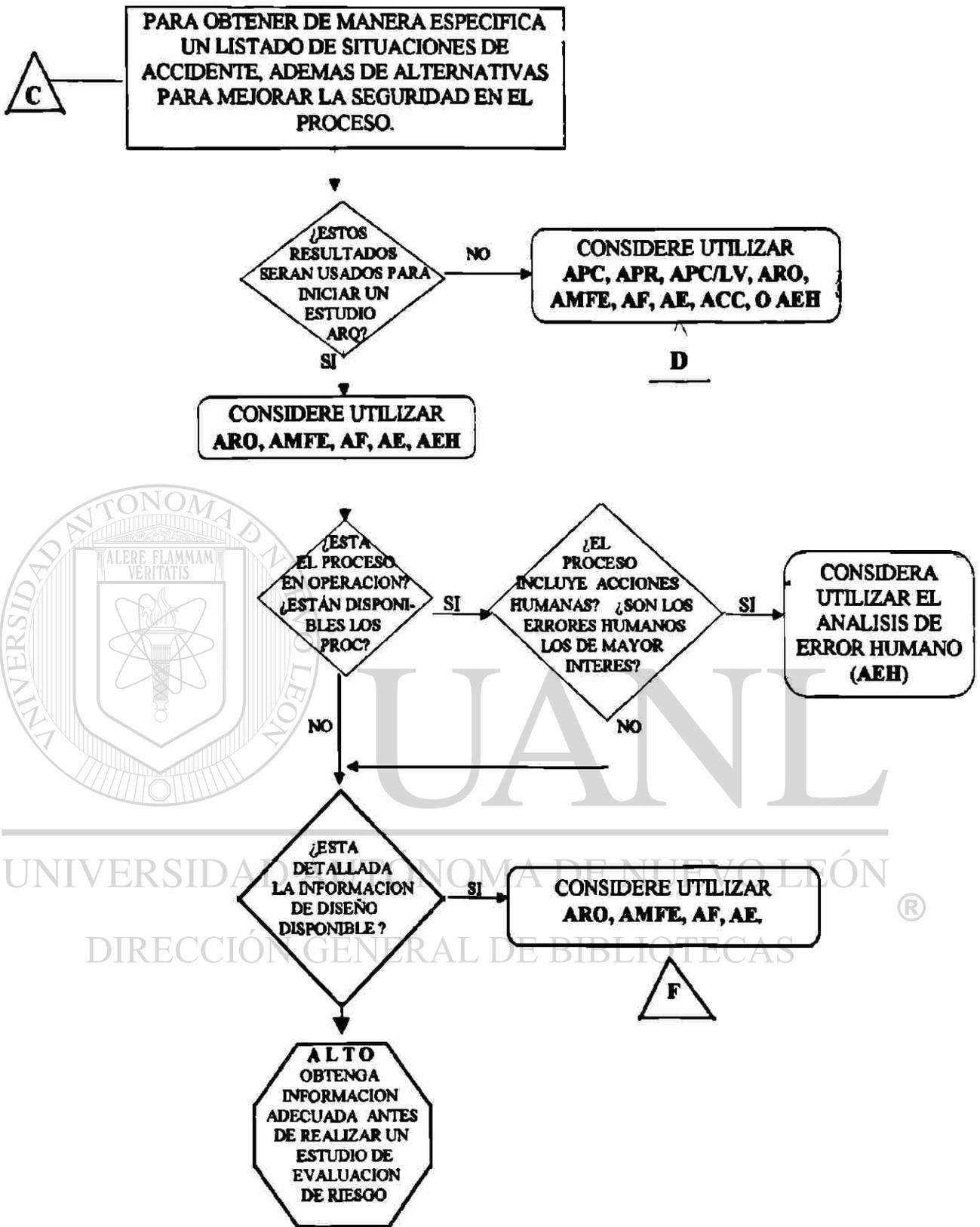


Figura 6. Diagrama "C" para obtener una Lista de Situaciones Específicas de Accidentes y Alternativas para mejorar la Seguridad.

5.1.4. Diagrama de Flujo "D" para obtener lista de accidentes y alternativas para mejorar la seguridad sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa de riesgo

Este diagrama se aplica cuando se quiere realizar una revisión del sistema a detalle para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad pero sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa de riesgo.

Análisis de Error Humano: Se recomienda su aplicación, cuando el proceso de operación está funcionando, los procedimientos están disponibles y son los errores humanos los de mayor interés en el estudio, aunque no sea cuantitativo.

Los siguientes métodos:

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Análisis de Probabilidad Condicionada / Lista de Verificación

Análisis de Riesgo y Operatividad

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Análisis de Arbol de Falla

Análisis de Arbol de Eventos

Análisis de Causa - Consecuencia

se recomiendan sean utilizados, cuando el proceso funcione, los procedimientos estén disponibles y no incluya acciones humanas; o en el caso en que el proceso no funcione, los procedimientos no estén disponibles pero sí se cuente con información de diseño en forma detallada.

Se recomienda de forma más específica a los métodos de

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación

cuando se tengan las siguientes condiciones: si el proceso no está en operación, los procedimientos no están disponibles, la información de diseño no está detallada pero sí se cuenta con la información del proceso base.

En este diagrama se puede observar que cuando el proceso a evaluar no se encuentra en operación, los procedimientos no están disponibles, la información de diseño no es detallada y no se tiene la información del proceso base, se debe obtener la información adecuada antes de realizar un estudio de evaluación de riesgo.

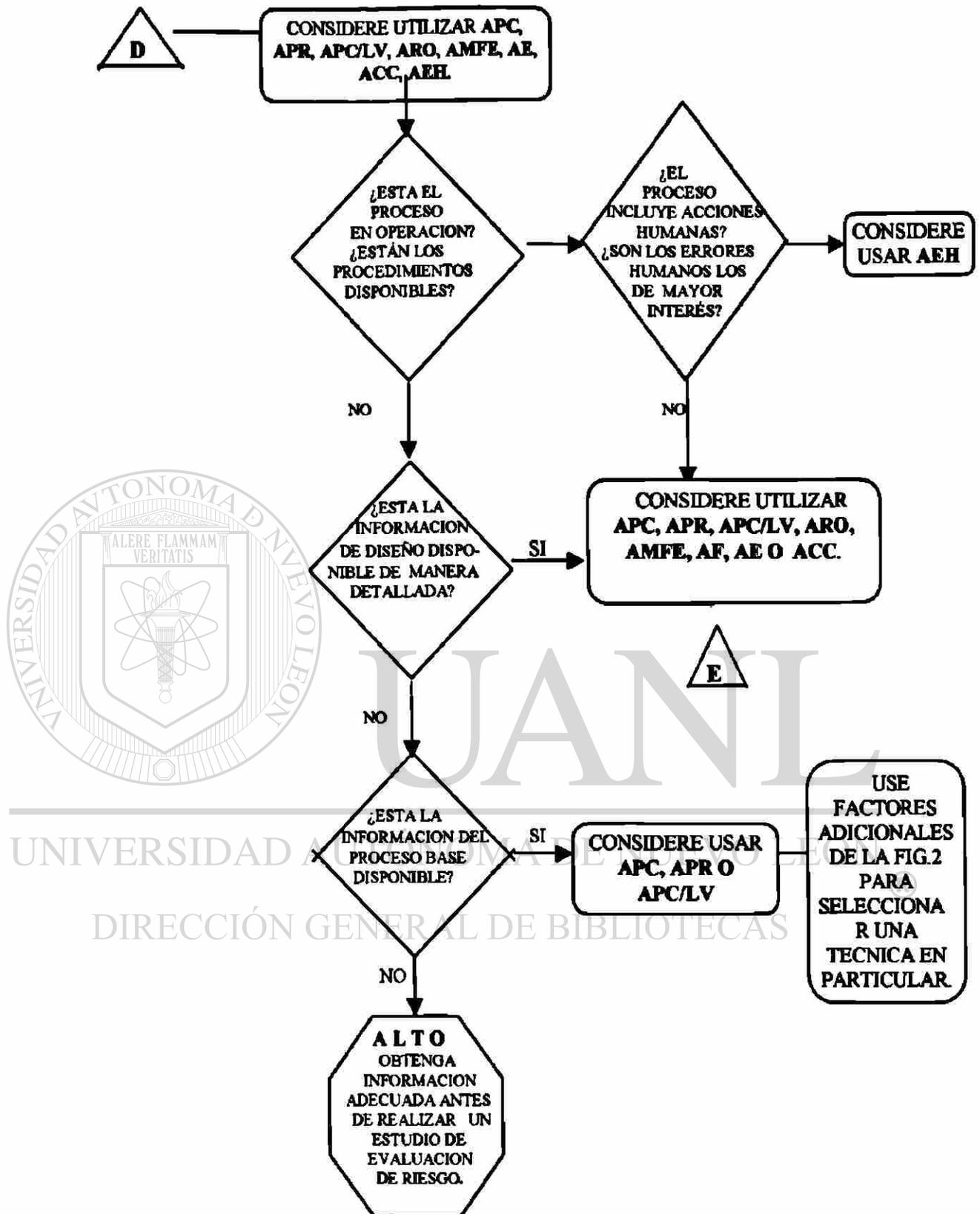


Figura 7. Diagrama “D” para obtener una Lista de Accidentes y Alternativas para mejorar la Seguridad, sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa.

5.1.5. Diagrama de Flujo " E" que ayuda a identificar el tipo de falla que origina un accidente.

Se aplica cuando se quiere obtener una revisión a detalle del proceso con una lista específica de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad, pero sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa de riesgo con las siguientes condiciones en el proceso: cuando el proceso se encuentre o no funcionando, los procedimientos estén o no disponibles, se cuente con información de diseño detallada y no se incluyan acciones humanas en el proceso. Este diagrama nos ayuda a identificar el tipo de falla que está originando un accidente.

Si los accidentes son originados por falla simple con alto riesgo se recomienda utilizar:

Análisis de Probabilidad Condicionada / Lista de Verificación

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Análisis de Riesgo y Operatividad

Si se tiene el caso de falla simple con bajo riesgo, se recomienda utilizar:

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Si se determina que el proceso es de alto riesgo y el sistema es eléctrico o mecánico se sugiere aplicar:

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Si el proceso es de alto riesgo y no es sistema eléctrico ni mecánico, se puede aplicar:

Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación

Análisis de Riesgo y Operatividad

Si los accidentes son originados por falla múltiple y se tiene un proceso pequeño y simple se utiliza el método de **Análisis de Causa - Consecuencia**

En el caso de tener accidentes ocasionados por falla múltiple en procesos grandes y complejos, y no se requiera una lista exhaustiva de los modos de falla, se puede utilizar:

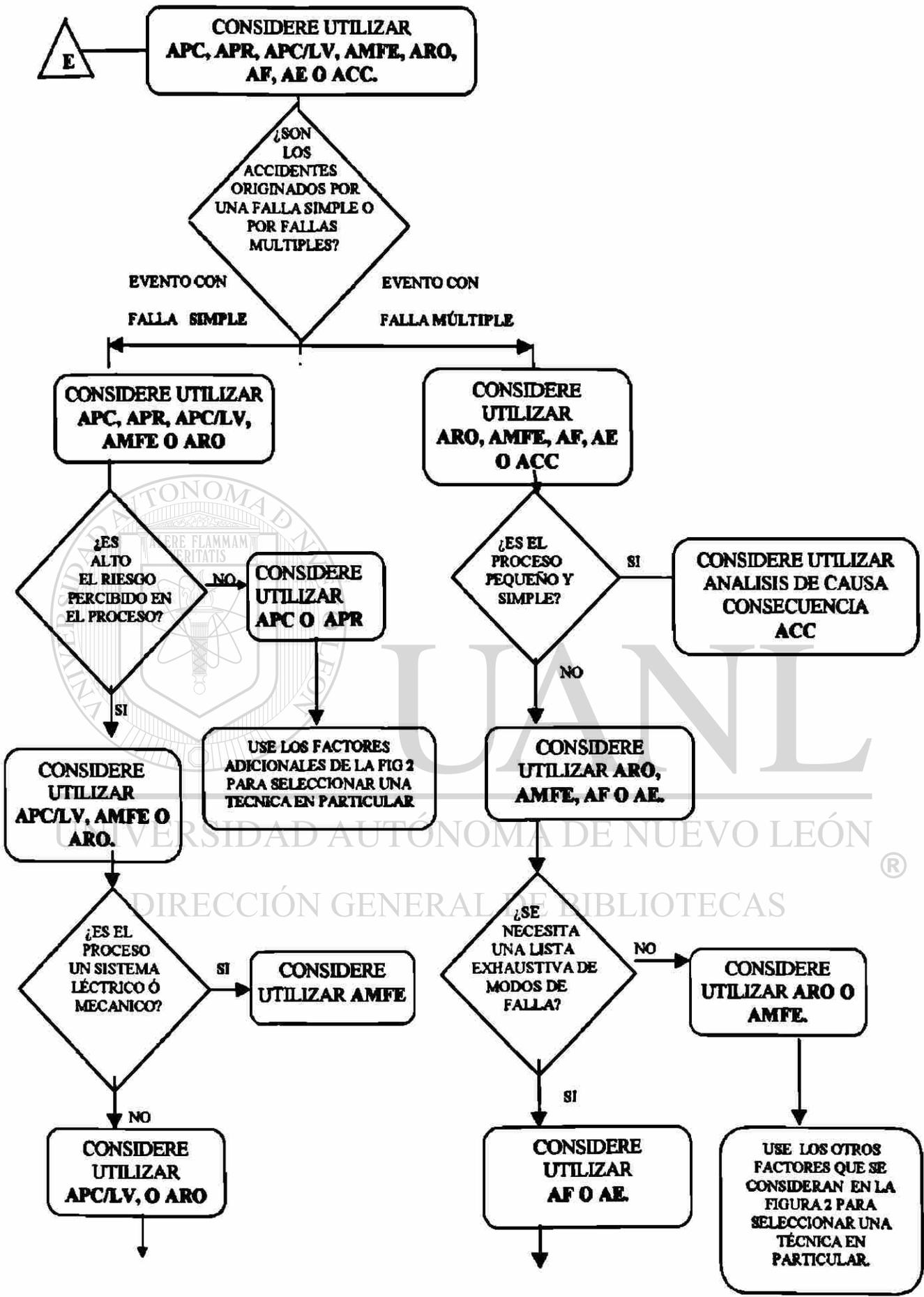
Análisis de Riesgo y Operatividad

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Por el contrario en el caso de accidentes ocasionados por falla múltiple en procesos grandes y complejos donde sí se requiere una lista exhaustiva de modos de falla, se recomienda utilizar:

Análisis de Arbol de Falla

Análisis de Arbol de Eventos



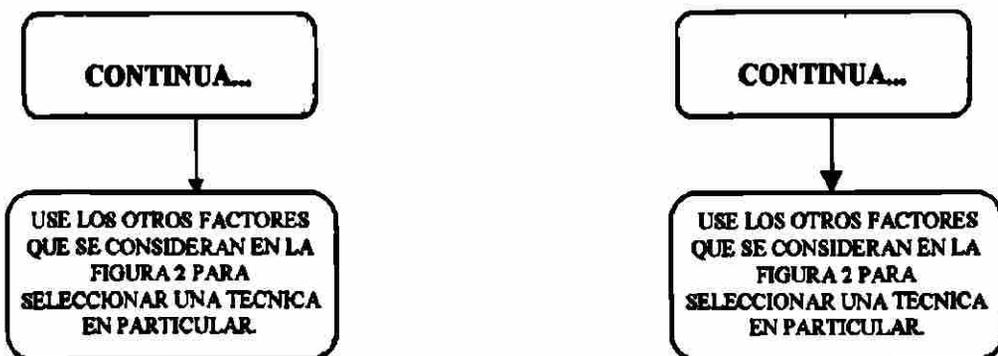


Figura 8. Diagrama “E” para Identificar el Tipo de Falla que origina el Accidente

5.1.6 Diagrama de Flujo "F" para utilizar los resultados en un Estudio de Riesgo Cuantitativo.

Si se requiere una lista de situaciones de accidentes de manera específica y alternativas para mejorar la seguridad en el proceso y además se necesitan los resultados para iniciar un Estudio de Riesgo Cuantitativo, se recomienda la aplicación de este diagrama de flujo.

El **Análisis de Error Humano** se sugiere en caso de que el proceso esté en operación, estén disponibles los procedimientos, los errores humanos son los de mayor interés y el proceso incluye acciones humanas.

El **Análisis de Riesgo y Operatividad, Análisis de Modos de Falla y Efectos, Análisis de Arbol de Falla, Arbol de Eventos** se recomienda utilizar cuando el

proceso a analizar no se encuentra en operación, no están disponibles los procedimientos, pero sí se tiene de manera detallada la información de diseño.

Si los accidentes son ocasionados por fallas simples en un sistema mecánico o eléctrico se recomienda utilizar el **Análisis de Modos de Falla y Efectos**, en caso de que el sistema no sea ni mecánico ni eléctrico, se recomienda utilizar un **Análisis de Riesgo y Operatividad**.

Si el accidente es ocasionado por falla múltiple utilice el **Análisis Arbol de Falla** o el **Análisis Arbol de Evento**.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

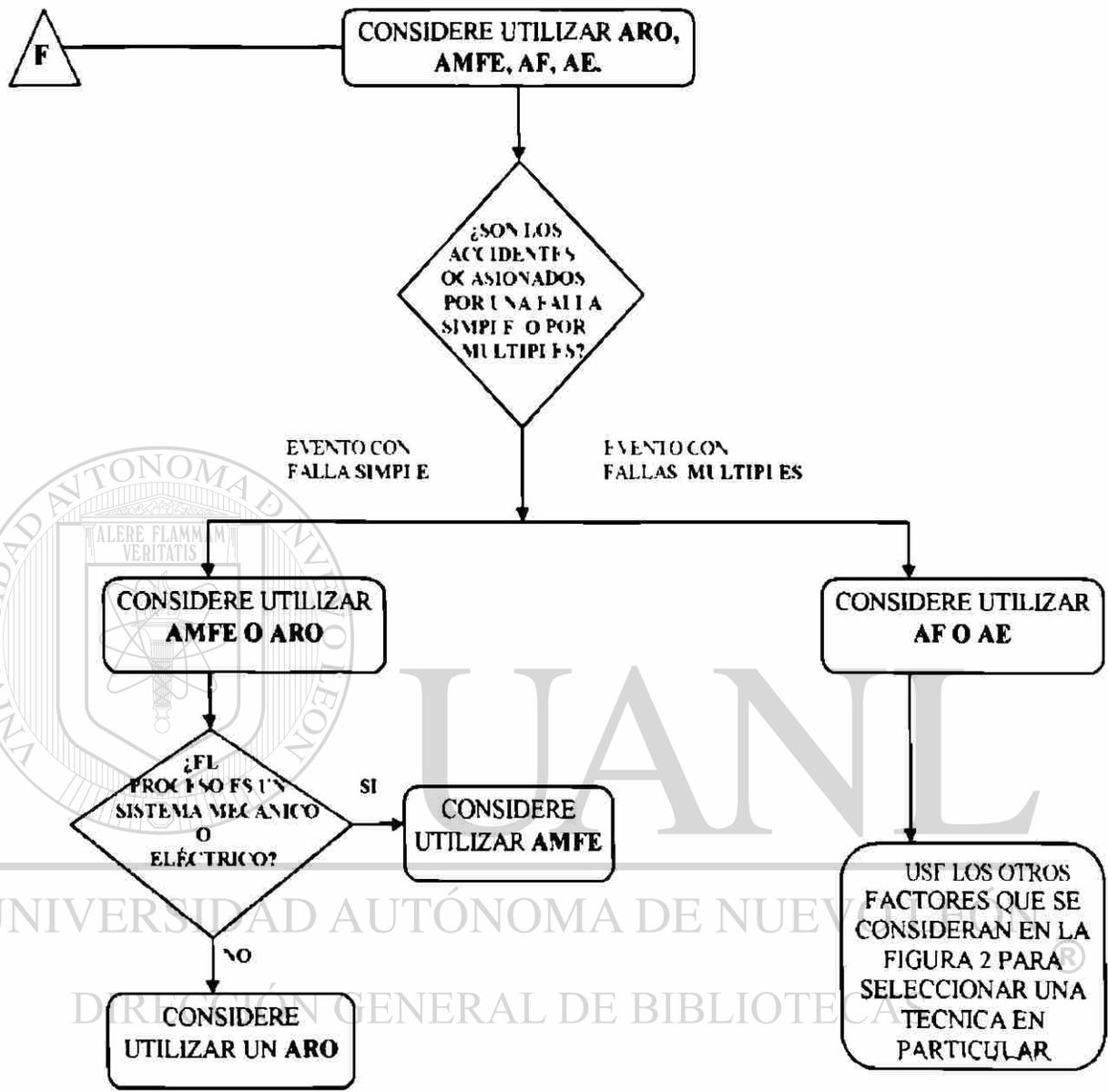


Figura 9. Diagrama “F” para utilizar los resultados en un estudio Cuantitativo de Riesgo

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO PARA LA PRESENTACION DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

6.1 Estudio de Riesgo Ambiental

Para evaluar el Riesgo de una actividad industrial o comercial el Instituto Nacional de Ecología (INE), a través de la Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA), solicita mediante el procedimiento de evaluación del

Impacto Ambiental la presentación de un Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) (17)

Con base en el análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, el INE da a conocer los riesgos que dichas obras o actividades pueden representar para el equilibrio ecológico o el ambiente, así como las medidas técnicas de seguridad, preventivas o correctivas en orden a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos a el equilibrio

ecológico en caso de un posible accidente, durante la ejecución u operación normal de la obra o actividad de que se trate.

El procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de riesgo ambiental se observa en la figura 10:

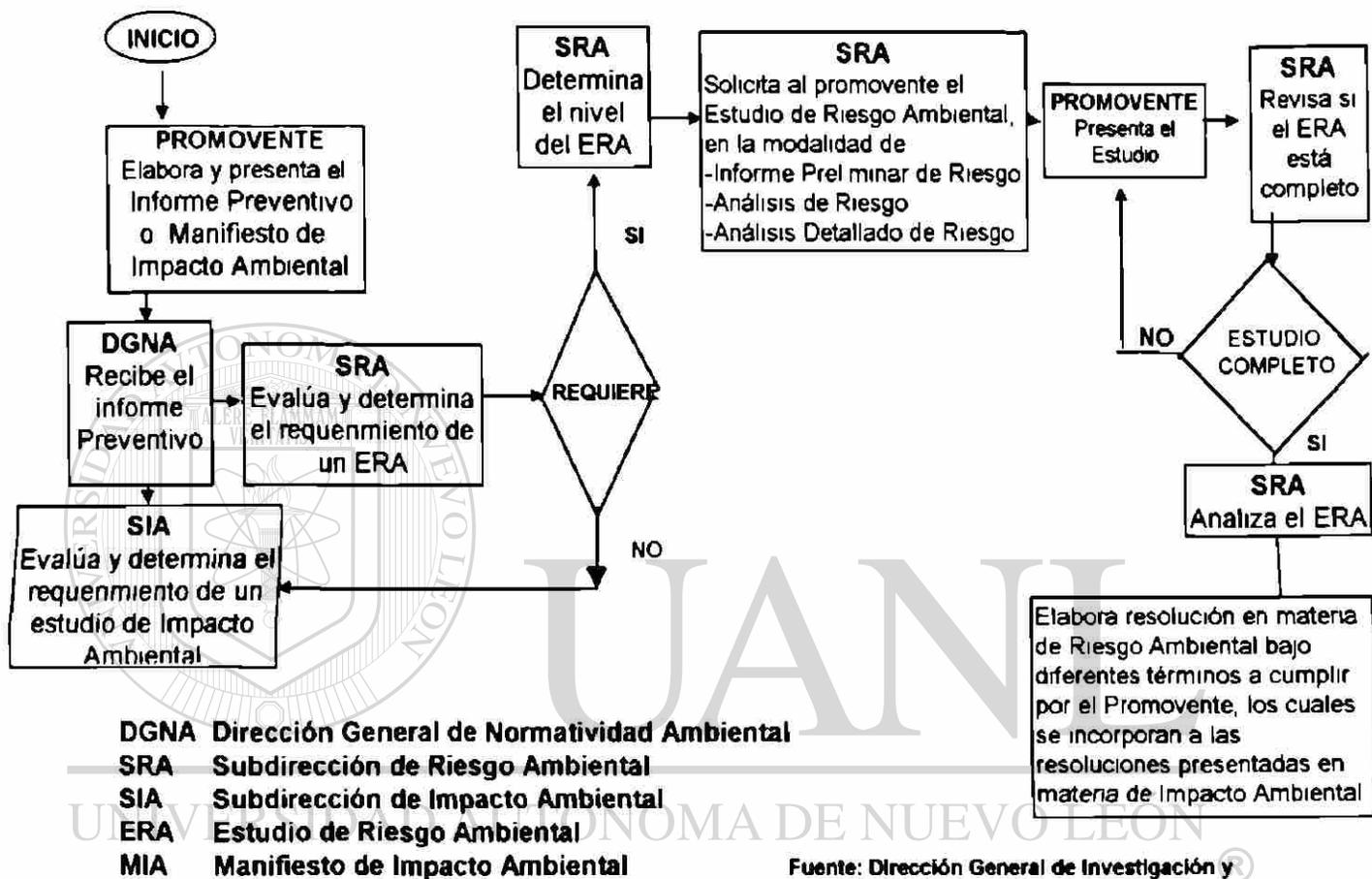


Figura 10. Procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de Riesgo Ambiental

6.2 Modalidades Existentes para un estudio de Riesgo Ambiental

En función de la etapa o fase del proyecto que se va a evaluar se establece el nivel de información que el proponente debe presentar ante la Subdirección de Riesgo Ambiental; existen 3 modalidades: Informe Preliminar de Riesgo, Análisis de Riesgo y Análisis Detallado de Riesgo.

6.2.1 Informe Preliminar de Riesgo

Esta modalidad es aplicable en el caso de que dadas las características del proyecto se pudiera catalogar como de bajo riesgo.

Este informe tiene como objetivo el recopilar la información suficiente para identificar y evaluar las actividades riesgosas en cada una de las fases del proyecto, para incorporar con esto las medidas de seguridad que ayuden a evitar o minimizar los efectos potenciales que pudieran afectar el entorno, en caso de accidente.

La guía para la elaboración del informe preliminar de riesgo abarca 4 incisos que son los siguientes:

- I.- Datos Generales
- II.- Descripción General del Plan o Proyecto
- III.- Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico

IV.- Integración del Proyecto a las Políticas Marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.

6.2.2 Análisis de Riesgo

Esta modalidad es requerida cuando debido a las características del proyecto se identifica como de riesgo moderado y se desea obtener una información más precisa y extensa, para incorporar con esto las medidas de seguridad que ayuden a evitar o minimizar los efectos potenciales que pudieran dañar el entorno, en caso de accidente

La guía para la elaboración del Análisis de Riesgo abarca los siguientes cinco incisos:

I.- Datos Generales

II.- Descripción General del Plan o Proyecto

III.- Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico

IV.- Integración del Proyecto a las Políticas Marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.

V.- Riesgo Ambiental

6.2.3 Análisis Detallado de Riesgo

Esta modalidad es aplicable en el caso de que, dadas las características del proyecto, se pudiera catalogar como de alto riesgo.

Este informe tiene como objetivo el recopilar toda la información detallada para identificar y evaluar las actividades riesgosas en cada una de las fases del proyecto y, con el apoyo de métodos sofisticados utilizados para la evaluación de riesgo, determinar las posibles repercusiones que tendría una instalación de alto riesgo, además de incorporar las medidas de seguridad que ayuden a evitar o minimizar los efectos potenciales que pudieran afectar el entorno en caso de accidente.

La guía para la elaboración del Análisis Detallado de Riesgo abarca los siguientes seis incisos:

I.- Datos Generales

II.- Descripción General del Plan o Proyecto

III.- Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico

IV.- Integración del Proyecto a las Políticas Marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.

V.- Análisis y Evaluación de Riesgo

VI.- Auditorías de Seguridad

En los apéndices A, B y C se encuentran las guías que el INE proporciona para cada una de las modalidades.

CAPITULO 7

Procedimiento para Realizar un Estudio de Riesgo Ambiental en Empresas ya Instaladas

En el capítulo anterior se presentó el procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de Riesgo Ambiental cuando la instalación de alguna industria está en proyecto pero, ¿qué procedimiento se sigue en el caso de empresas con varios años de funcionamiento que desean conocer el nivel de riesgo que representan sus instalaciones para la población?

A continuación se presentan los pasos que se siguen para tratar de realizar una evaluación de riesgo lo más eficiente y precisa posible (24)

7.1 Información Requerida

El consultor al momento de ponerse en contacto con la empresa contratante debe definir con la gerencia administrativa qué tipo de análisis es el que su empresa necesita. Si es una auditoría cualitativa de seguridad, una evaluación de riesgo semi- cuantitativo o una evaluación de riesgo cuantitativo;

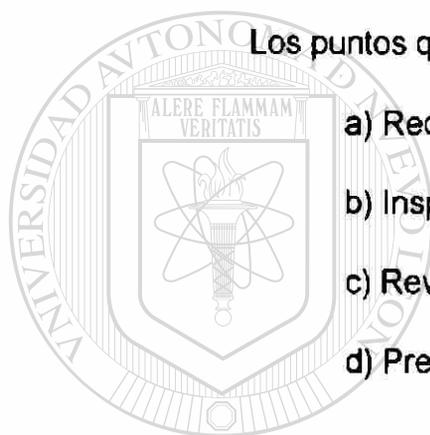
cada uno de estos análisis abarcará un nivel diferente de profundización con respecto al riesgo detectado.

Para tener una idea del contenido de cada estudio a continuación se presenta un desglose de los puntos a cubrir en cada tipo de estudio.

7.1 1 Auditoría Cualitativa de la Seguridad

Los puntos que abarca este tipo de estudio son:

- a) Recopilación de la información de fondo
- b) Inspección del equipo de seguridad
- c) Revisión de documentos
- d) Preparación de reporte



7.1.1.1 Recopilación de la información de fondo

Para la recopilación de la información de fondo se estima en promedio un tiempo de 5 días. Se observarán todas las operaciones de transporte, transferencia, manejo, procesado y almacenamiento de todas las materias primas, productos, desechos y combustibles.

Es recomendable efectuar por lo menos una visita durante la noche y realizar entrevistas con personal clave del departamento de seguridad y de otros departamentos que controlan operaciones tales como producción,

ingeniería, mantenimiento, personal, capacitación, etc., para llegar a entender a fondo las interacciones, relaciones y deberes asignados a cada departamento, su compromiso y contribución a la seguridad y el grado de coordinación entre los departamentos.

Se realiza un inventario de las cantidades normales y máximas de los materiales inflamables, tóxicos y corrosivos presentes en la planta y se identifican los materiales peligrosos presentes en las instalaciones vecinas, las cuales en caso de derrame pudieran causar una interrupción en las operaciones de la planta.

Se revisan las condiciones físicas y la antigüedad del equipo clave del proceso (bombas, reactores, tanques de almacenamiento, ciclones, silos, líneas de transferencia neumática, sistemas de tubería y registro de los instrumentos).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7 1.1.2 Inspección del equipo de seguridad

El tipo de equipo que se evalúa son:

- Detectores de fugas de gas o fuego
- Sistemas de alarma
- Sistemas de control y eliminación de fuego
- Agentes proveedores de agua y extinguidores
- Equipo de protección personal.

-También es recomendable evaluar la seguridad general de las instalaciones contra accesos no autorizados.

7.1.1.3 Revisión de documentos

Se recopilan y revisan los procedimientos de operación de seguridad "Safety Operation Procedures" (SOP) que se siguen al efectuar operaciones riesgosas tales como transferencia y procesamiento de tóxicos, materiales inflamables, reactivos, químicos corrosivos y desechos.

Se verifican los procedimientos de mantenimiento para dar respuesta a fallas inesperadas como en el caso de una bomba, fuga de un empaque, fisura de un molde, falla de un instrumento, etc.

Se recopilan y verifican programas de mantenimiento preventivo y de diagnóstico para los equipos e instrumentos.

Esto incluye la frecuencia en el programa y los procedimientos para verificar el funcionamiento de los equipos en el proceso: bombas, válvulas de seguridad, filtros, ciclones, sistemas de destilación, temperatura y control de presión, registro de los equipos, evaluación integral del sistema tanque y tubería, pruebas de fugas de gas y detección de fuego y sistemas de alarma, sistemas de extinguidores de fuego portátiles y fijos, fuentes de poder auxiliares, certificaciones de los vehículos de transporte de material peligroso, etc.

Se recopilan los programas de entrenamiento del operador, iniciando con programas para nuevos empleados, también como programas de reentrenamiento para elevar el nivel de conocimiento de los empleados.

Se revisan las prácticas sobre la administración de la seguridad y programas sobre el conocimiento de la seguridad incluyendo el contenido y la frecuencia de las campañas de seguridad, entrenamiento de seguridad y una evaluación post-entrenamiento.

Se recoplian y revisan los reportes de accidentes e investigación de procedimientos, los registros de accidentes y las pérdidas registradas en los últimos 5 años

Se revisan los procedimientos de respuesta a emergencias, frecuencia de prácticas, entrenamiento, planes para coordinarse con la comunidad, con el departamento local de bomberos, hospitales, Guardia Nacional, otras brigadas de bomberos de otras industrias (plan de ayuda mutua), etc.

Al final de la visita, se programa una junta con los miembros del personal para clarificar alguna pregunta remanente y, lo más importante, se trata de establecer una serie de escenarios con accidentes catastróficos creíbles. Se puede pedir una opinión anticipada del personal de planta a cada escenario de accidente.

7 1.1 4 Preparación del reporte

Para la preparación del reporte se siguen los siguientes pasos:

Se analizan los datos recopilados

Se revisan los archivos históricos sobre accidentes y se comparan con instalaciones de procesos similares o con plantas que manejan químicos similares. Puede ser útil para este paso consultar los siguientes documentos:

Accidentes históricos recolectados por la Organización United Kingdom Atomic Energy Authority a través de un sistema computarizado llamado "Major Hazard Incident Data Service" (MHIDAS) (25) y la base de datos para Seguridad Industrial FACTS del TNO Institute.(26)

Se identifica la lista de mayores posibilidades de que accidentes catastróficos creíbles pudieran ocurrir en las instalaciones y se evalúa la preparación del personal para enfrentarlos.

Todas las operaciones y el diseño de las instalaciones deben ser revisados y comparados con estándares nacionales bien establecidos, prácticas de ingeniería aceptables y procedimientos de operación empleados por otras compañías químicas.

Una atención particular debe darse por parte de los miembros del grupo a los eventos de mayor potencial que pudieran ocasionar más de un daño o fatalidad y verificar si el plan de respuesta a emergencias funcionará exitosamente.

El grupo que realiza el estudio de riesgo recomendará, si es necesario, algunas modificaciones al plan de emergencia vigente o ayudará a

desarrollar uno nuevo para responder exitosamente con todos los escenarios de posibles accidentes que han sido identificados.

El evaluador preparará un reporte final resumiendo lo que encontró y sus recomendaciones. Si es posible se justifican los hallazgos y las recomendaciones con fundamento en la literatura y se anexan al reporte.

7.1.2 Evaluación de Riesgo Semi- Cuantitativo

Una evaluación de riesgo semi-cuantitativo es un juicio formal aproximado que puede ser utilizado para evaluar accidentes con el fin de disminuir el riesgo y medir los beneficios del riesgo bajo la implantación de medidas de mitigación alternativas.

Este método obliga al juicio de evaluación de los índices de frecuencia y severidad para todos los accidentes identificados en la auditoría cualitativa de la seguridad.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

7.1.2.1 Evaluación de los Niveles de Frecuencia y Severidad

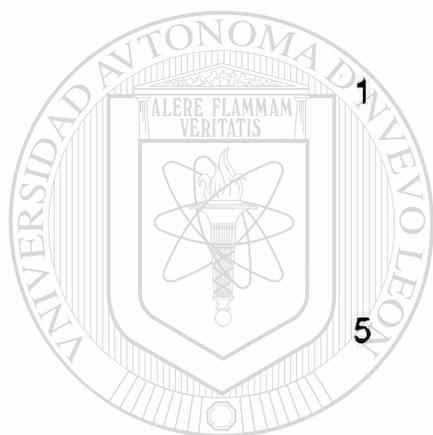
El índice de frecuencia puede establecerse dentro de cierto intervalo, por ejemplo, entre un valor de:

1 Intervalo bajo Para un evento que se espera que ocurra con

una frecuencia de 1 vez en cada 1 000 años o más.

5 Intervalo alto Para un evento que puede ocurrir una vez al año.

De manera similar, la severidad puede ser asignada dentro de un intervalo con los siguientes valores:



1 Intervalo bajo

Para accidentes que pueden causar mínimo daño a la propiedad, a los empleados y ningún daño a la comunidad que los rodea.

5 Intervalo alto

Para accidentes que pueden dañar fatalmente a 1 o 2 empleados, o que requieren la evacuación de la comunidad cercana a la planta, o detener el tráfico de la avenida más cercana.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Debido a que el riesgo puede ser definido como el producto de la frecuencia por la severidad, el producto de los índices nos proporcionará una medida del nivel de riesgo presentado para cada accidente. Con este esquema de numeración los accidentes pueden tener un intervalo en los niveles de riesgo desde 1 hasta 25

El equipo responsable de realizar el estudio acordará con el gerente de planta de Seguridad los índices de frecuencia y severidad que son más

aplicables a esa Industria. En base a los resultados obtenidos se determinará junto con el gerente los índices de riesgo de las instalaciones que no sean aceptables y que requieran de una inmediata corrección, aquellas que necesitan corrección durante el próximo período y aquellas que no presentan una urgente necesidad de ser corregidas.

7.2.1.2 Clasificación de los índices de riesgo

Una vez que junto con el personal de planta se asignaron los índices de frecuencia y severidad para los accidentes identificados en la auditoría cualitativa de seguridad y se obtuvieron los índices de riesgo, éstos se clasifican en orden decreciente para identificar los accidentes con alto, medio y bajo nivel de riesgo.

Para los accidentes con alto nivel de riesgo se estimará la reducción en la frecuencia y/o en el índice de severidad al implementar las recomendaciones hechas en la auditoría cualitativa de seguridad.

En el caso de que existan varias alternativas factibles de mitigación se recomienda implementar la que presente mayor beneficio en costo.

7.2.1.3 Identificación de la Zona de Peligro

La zona de peligro es el área dentro de la cual lo más probable es que las personas sean lesionadas, la propiedad será dañada, o los cuerpos de agua serán contaminados.

Para cada escenario de accidente identificado la zona de peligro o "huella" tiene que ser calculada y para ello se utiliza el criterio de lesión y daño que también ha sido sugerido en varias publicaciones. Por ejemplo, para vapores tóxicos los valores guía para los planes de respuesta en caso de emergencia "Emergency Response Planning Guidelines" (ERPG3) recomendados por la Asociación de Higiene Industrial en América "American Industrial Hygiene Association" (AIHA) pueden ser usados si están disponibles. (27). También pueden ser utilizados los estándares de Daños Inmediatos a la Vida y a la Salud "Immediately Dangerous to Life and Health" (IDLH) publicados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional "National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (28). En la Tabla 21 se observa una lista de sustancias químicas tóxicas que se manejan regularmente con sus niveles ERPG3 y IDLH

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN **Tabla 21**

Niveles ERPG3 y IDLH para algunas sustancias químicas seleccionadas

SUSTANCIA	ERPG3 (ppm)	IDLH (ppm)
Amoniaco	1000	500
Cloro	20	30
Cloruro de Hidrógeno	100	100
Fluoruro de Hidrógeno	50	30
Sulfuro de Hidrógeno	—	300

En el reporte final se identifica sobre un mapa del lugar la zona de peligro donde exista un alto nivel de riesgo de que se presenten accidentes y el área circundante.

7.1.3 Evaluación Cuantitativa del Riesgo

Ésta es la manera más clara y aproximada para evaluar el riesgo. Contrario al análisis semi-cuantitativo la evaluación del riesgo cuantitativo implica el cálculo de los valores absolutos de la frecuencia y la severidad de los accidentes

Para definirlo se siguen los siguientes pasos: clasificación del lugar, cuantificación del riesgo y evaluación del riesgo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
7.1.3.1 Clasificación del lugar
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para poder clasificar el lugar de manera conveniente es recomendable obtener una fotografía aérea con escala 1:10000 ó 1:5000 y un mapa topográfico y vial detallado del lugar y sus alrededores hasta una distancia de 3-4 Km

Se debe recopilar información acerca de la frecuencia de desastres naturales (terremotos, inundaciones, etc.) en el lugar, así como también información acerca del clima medido en la propia planta y la distribución de la

población alrededor de ella, ayudándose de una inspección directa y del censo regional. Es importante considerar las fluctuaciones poblacionales debido a los cambios en los patrones de ocupación entre el día y la noche; si solamente se necesita una respuesta rápida con aproximaciones generales se pueden utilizar valores promedio de densidad para cada sector direccional.

7.1.3.2 Cuantificación del Riesgo

Se evalúa el riesgo cuantitativo de las operaciones de la planta, estimando los valores absolutos de la frecuencia y severidad potencial de los escenarios de accidentes identificados en la auditoría cualitativa de seguridad.

La frecuencia se puede estimar en base a los datos registrados históricamente o a través de un análisis de árbol de fallas. Los datos para estimar la frecuencia de fallas del equipo y los índices de error humano pueden encontrarse en varias publicaciones (29), (30), (31), (32)., o en su defecto utilizar los criterios de ingeniería para estimar los índices de falla.

Si se utiliza un Análisis de Árbol de fallas, entonces ver la Figura 11 como ejemplo sobre un árbol de fallas para ruptura de manguera conectada a carro tanque de cloro y la Tabla 22 que nos muestra cómo las probabilidades asignadas a los eventos pueden ser combinadas para llegar a la probabilidad de que el accidente descrito ocurra.

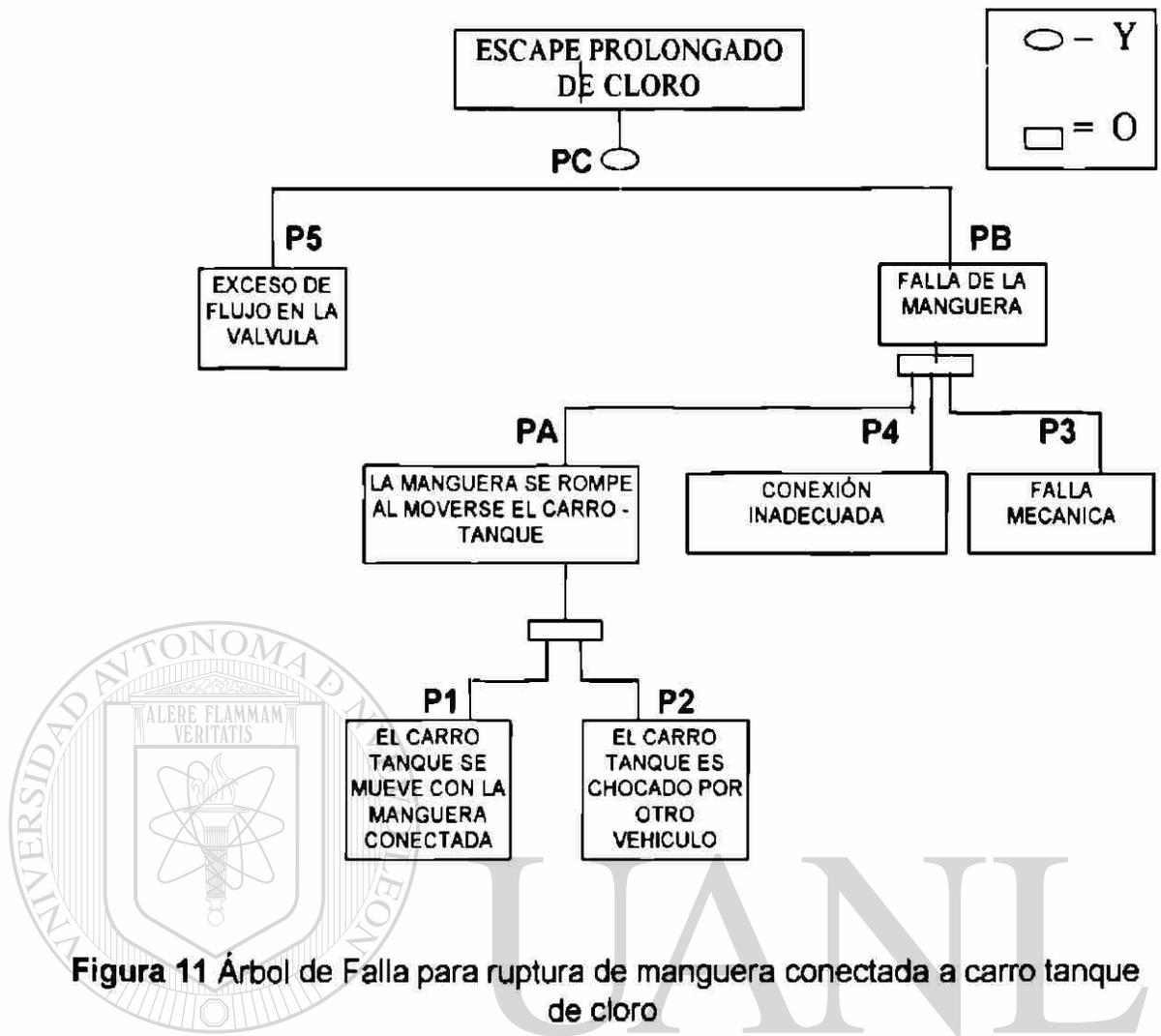


Figura 11 Árbol de Falla para ruptura de manguera conectada a carro tanque de cloro

TABLA 22

Probabilidades de ocurrencia que conducen a un escape de cloro debido a la
falta de la manguera.

P1	=	El auto-tanque es puesto en movimiento mientras que la manguera esta aún conectada.	=	0.005
P2	=	El auto tanque es chocado por otro vehículo	=	0.0001
P3	=	Falla mecánica	=	0.0001
P4	=	Conexión inadecuada (error humano)	=	0.001
P5	=	Falla de válvula con flujo excesivo	=	0.0001
PA	=	La manguera se rompe al moverse auto-tanque P1+ P2.	=	0.00051
PB	=	Falla de manguera (P3+ PA +P4)	=	0.0062
PC	=	Escape prolongado de cloro (PB X P5)	=	6.2 E-7 por operación
<hr/>				
F	=	Frecuencia de operaciones	=	12/año®
f	=	Frecuencia de accidente (F x PC)	=	7.44 E-6

Nota: :Las probabilidades asumidas en este cálculo son ficticias y son usadas solamente con propósitos de ilustración.

La severidad se calcula utilizando modelos analíticos de simulación, los cuales describen la huella digital de cada accidente.

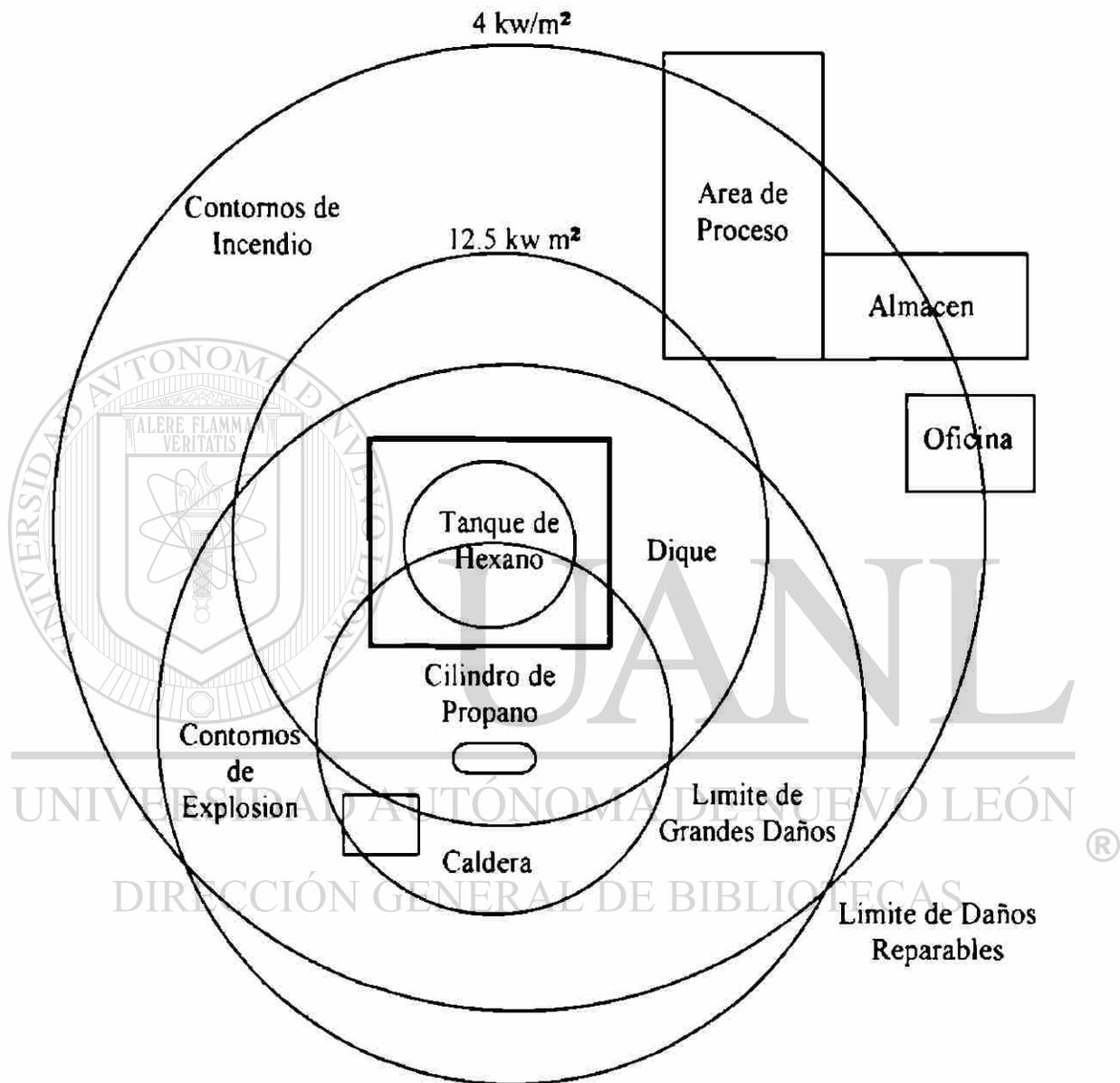


Figura 12 Contornos peligrosos de un incendio en un tanque de hexano y de una nube explosiva de propano.

Este tipo de modelos describen eventos tales como:

- Fuego en tanques y diques
- Explosión de contenedores expuestos al fuego
- Explosiones de nubes de vapor
- Dispersión de una nube de vapor peligrosa

Varias versiones de modelos simples y sofisticados están comercialmente disponibles para computadoras personales, entre estos modelos se encuentran los siguientes:

- WHAZAN -II, desarrollado por DNV Technica, Ltd. para el Banco Mundial (World Bank) (33).
- ARCHIE, desarrollado por Arthur D. Little, Inc. para la US Federal Emergency Management Agency (34)
- CHEM-PLUS II, una forma modificada de ARCHIE, con una base de datos con cerca de 350 sustancias químicas diferentes, también desarrollado por Arthur D. Little, Inc. (35)
- PHAST 4 0, desarrollado por DNV Technica, Ltd. como una versión más avanzada del WHAZAN-II, incluye el programa llamado TECJET para fugas elevadas de vapores peligrosos. (36)
- SUPER-CHEMS II, una versión más avanzada del CHEM-PLUS II desarrollado por Arthur D. Little Inc. (37)

La severidad en el caso de una industria petroquímica que libere un químico tóxico, inflamable o explosivo puede ser descrita en términos del número de personas expuestas a una dosis mortal o de lesión permanente, el número de personas expuestas a altos niveles de energía térmica durante un incendio, o a las sobrepresiones de una explosión.

Al combinar los datos de clima con la información en la distribución de la densidad poblacional alrededor de la planta y luego predecir la zona de peligro de cada accidente, se puede estimar el número de fatalidades en cada evento.

7.1.3.3 Evaluación del Riesgo

Existen varias aproximaciones para evaluar el nivel absoluto de riesgo.

Por ejemplo el producto de la frecuencia (en términos esperados de ocurrencia por año) y la severidad (en términos de casos fatales por año), es calculado por la ecuación (15)

$$R_1 = f_1 \times N_1$$

Este número puede entonces ser usado para dar prioridad a las necesidades de mitigación y comparar tecnologías alternas de control de peligros.

El índice de riesgo puede ser comparado también con el riesgo al que la mayoría se encuentra expuesto al realizar sus actividades cotidianas y con estándares establecidos en otros países.

Las formas como gráficamente se puede representar el riesgo pueden ser:

- Dibujando el nivel de riesgo al cuál los individuos están expuestos a diferentes distancias de la planta.

La Figura 13 ilustra el procedimiento para contar el número de personas que pueden ser expuestas a una nube peligrosa.

- Con una gráfica de frecuencia acumulada de accidentes vs severidad

Este tipo de gráfica generalmente es utilizada para representar el nivel de riesgo social, fue desarrollada por la industria nuclear (29) y puede ser comparada con curvas establecidas y adoptadas en países como Holanda e Inglaterra.

Se prepara un trazado de frecuencia acumulativa de todos los eventos de la planta que pueden resultar en una exposición al público contra la severidad de los accidentes (exposiciones /año).

En la misma gráfica se pueden incluir las cifras de muertes resultantes de accidentes causados por el hombre y desastres naturales en el país (si se tiene la Información) o de Estados Unidos; también se incluye el nivel de riesgo industrial aceptable que el país o la planta establezca. En el ejemplo se observa el límite de aceptabilidad de Riesgo establecido por el gobierno Holandés; en

esa misma gráfica se pueden dibujar los efectos obtenidos al adoptar ciertas medidas de mitigación en las instalaciones u operaciones. Véase la Figura 14 también para complemento de lo anterior.

87	87	87	61	64	64	64	64	64	64	98	98	98	88	55	55	55	55	55	89	130	130
65	65	65	61	64	64	64	64	64	64	90	93	79	180	58	55	55	55	55	108	172	52
79	65	59	61	64	64	64	64	64	65	70	72	72	72	62	55	55	55	55	113	172	21
87	78	59	61	64	64	64	64	68	72	72	72	72	72	64	55	55	55	55	113	172	1
87	84	77	76	65	67	68	66	72	72	72	71	64	57	41	55	66	66	66	113	129	1
73	81	72	68	73	73	72	72	72	65	55	76	21	21	26	66	66	66	66	119	96	1
64	75	75	75	75	74	300	72	72	31	2	6	21	21	21	64	72	72	72	122	43	1
4	75	75	75	75	75	300	72	72	25	3	9	21	21	21	55	72	72	72	122	1	1
64	75	75	75	75	75	72	72	72	21	3	9	21	21	21	47	72	72	72	122	1	1
64	75	75	75	75	75	76	76	75	37	33	28	21	21	21	38	72	72	72	122	1	1
300	75	75	75	75	75	84	84	76	76	23	23	21	21	21	30	72	72	72	122	1	1
64	77	76	76	76	76	84	84	3	3	22	22	21	21	21	21	72	72	72	122	1	1
64	80	80	80	80	80	84	84	3	3	22	22	21	21	58	55	61	72	72	122	21	1
67	80	80	80	80	80	84	84	3	3	22	21	21	21	74	74	88	92	92	125	96	84
73	80	80	80	80	80	84	84	11	11	22	21	21	21	74	74	84	112	112	112	112	112

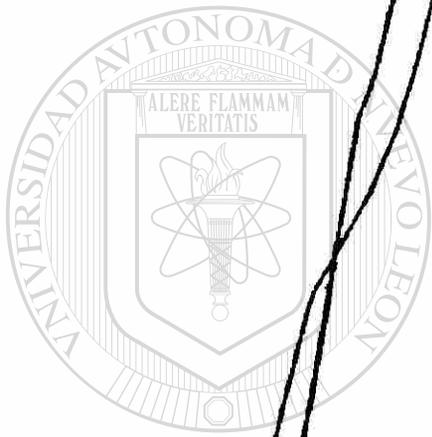
Figura 13. Procedimiento para conteo de población expuesta

7.2 Cotización

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Una cotización aproximada en Estados Unidos para este tipo de estudios, según datos de 1995, es el siguiente (24) :

	\$/ Hr.	tiempo en planta (meses)
Auditoría Cualitativa de Seguridad	240	2
Evaluación de Riesgo Semi-Cuantitativo	230	3
Evaluación de Riesgo	220	4



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

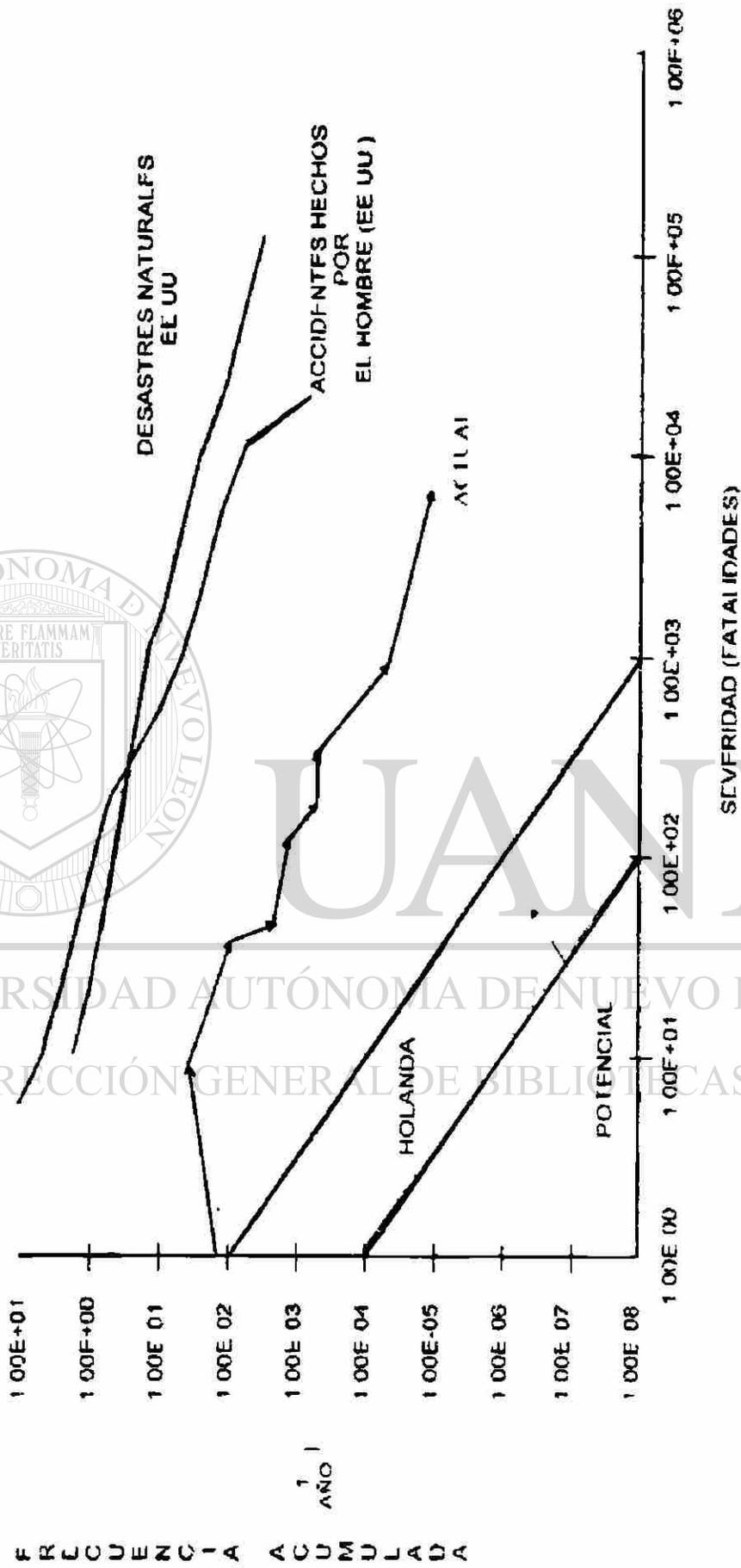
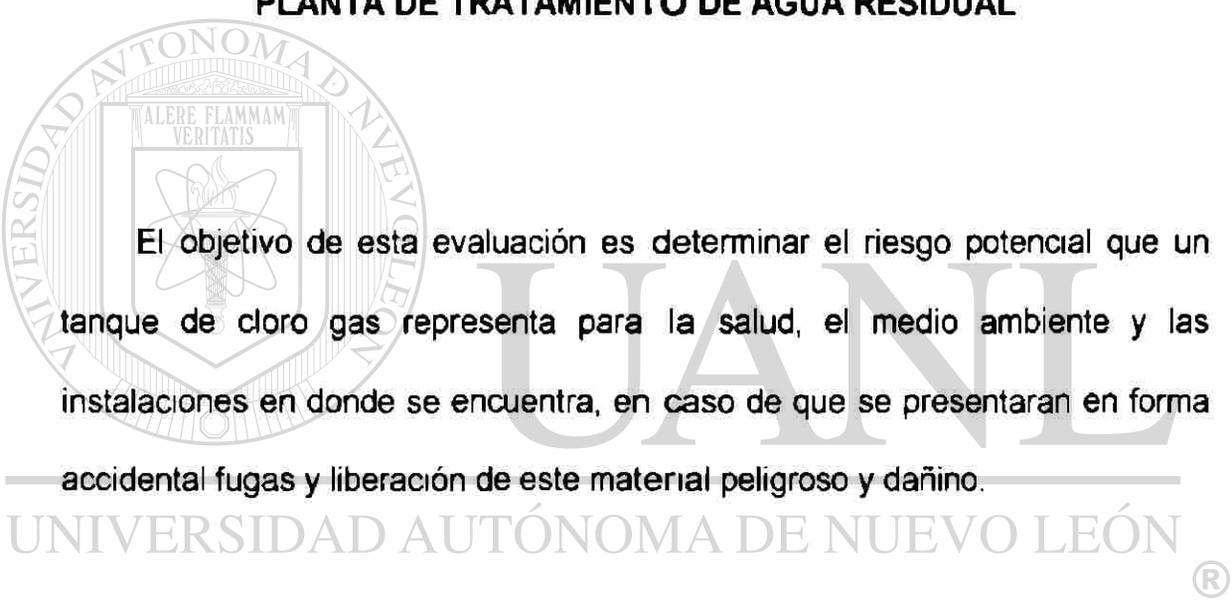


Figura 14 PERFIL DE RIESGO SOCIAL

CAPITULO 8

EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL QUE REPRESENTA LA INSTALACIÓN DE UN TANQUE DE CLORO GAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



El objetivo de esta evaluación es determinar el riesgo potencial que un tanque de cloro gas representa para la salud, el medio ambiente y las instalaciones en donde se encuentra, en caso de que se presentaran en forma accidental fugas y liberación de este material peligroso y dañino.

El lugar en donde se realiza la evaluación es la planta de tratamiento de agua residual denominada AIMSU (Agua Industrial de Monterrey, Sociedad de Usuarios), inaugurada en el año 1966. Esta planta se encuentra localizada en la Ave. San Nicolás No. 118, en el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, y su objetivo es el de abastecer a sus socios del agua necesaria para la operación y desarrollo de sus empresas industriales.

El propósito del análisis de riesgo es el de identificar de manera sistemática los peligros y problemas de operación que pudiera presentar la instalación y evaluar las consecuencias potenciales originadas por la probabilidad de que ocurra una fuga o liberación del cloro gas.

La evaluación consta de 4 partes importantes:

- 1.- Descripción de la instalación
- 2.- Descripción de los efectos físicos, químicos y toxicológicos del cloro gas.
- 3- Evaluación del riesgo del proceso, utilizando el método de Operatividad y Riesgo (Hazop) combinado con el método ¿Qué pasa si? (What-If) y midiéndolo con una Matriz de Riesgo en forma semi-cuantitativa.
- 4- Análisis de las consecuencias potenciales en el lugar del peligro identificado utilizando un modelo atmosférico (38) mediante la simulación de contaminación y riesgos para industrias (SCRI), utilizando como escenario la

liberación total del gas cloro como el peor de los casos.

8.1 Descripción de la instalación

La planta de tratamiento de agua residual cubre un área de terreno total de 63 339.4 m² y el área construida es de 7 314.49 m². La planta colinda hacia el norte con la calle Prolongación Santa Gertrudis, que corresponde a la colonia Las Puentes, 2° sector y otra zona habitacional conocida como Paseo las

Puentes; hacia el Sur está limitada por las vías de Ferrocarril Tampico-Matamoros y la colonia Arboledas de San Jorge; hacia el Este limita con otra zona habitacional conocida como Riberas las Puentes y al Oeste con una estación de bomberos, un parque y la Zona habitacional llamada Potrero Anahuac. En el Anexo D se muestra el Plano de la Zona.

La planta de tratamiento de aguas residuales tiene una capacidad de producción en agua tratada de 300 litros por segundo, los que se emplean por los usuarios socios como agua de repuesto para las torres de enfriamiento.(41)

La planta se encuentra integrada, según su vista en planta de conjunto, por 27 áreas bien descritas en el plano del Anexo E. Esas áreas son:

- 1.- Area de operación preliminar
- 2.- Subestación
- 3.- Oficinas Generales
- 4.- Palapa
- 5.- Comedor
- 6.- Laboratorio nuevo
- 7.- Oficinas de producción y mantenimiento
- 8.- Taller de mantenimiento
- 9.- Almacén de mantenimiento
- 10.- Lubricantes
- 11.- Cisterna
- 12.- Clarificadores primarios

- 13.- Reactores
- 14.- Clarificadores secundarios
- 15.- Caseta y Bombas de lodos de exceso
- 16.- Laboratorio antiguo, Compras y Almacén general
- 17.- Compresores
- 18.- Subestación
- 19.- Cuarto de almacenamiento y dosificación de cloro
- 20.- Tanque de almacén
- 21.- Casa de bombas
- 22.- Bombas de servicio para la Laguna
- 23.- Laguna
- 24.- Cárcamo y Bombas para los lodos de retorno
- 25.- Tanque de distribución
- 26.- Tanque nuevo de almacén
- 27.- Cobertizo para contenedor de sólidos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8 1 1 Area de Operación

Las áreas que involucran el proceso de tratamiento para el agua residual, que se pueden observar en la vista en planta de conjunto mostrada por la figura 15, son básicamente las siguientes:

Area de operaciones

preliminares:

Proceso físico que ayuda a quitar objetos grandes, reducir el tamaño de partícula y eliminar gravas y arenas.

Clarificadores primarios:

Son tanques que sirven para eliminar los sólidos que sedimentan (lodos primarios) y a los sólidos y líquidos que flotan (espuma).



Reactores de proceso biológico: En esta etapa ciertos microorganismos, en especial bacterias con ayuda de protozoarios y levaduras, transforman el sustrato orgánico en dióxido de carbono, agua y células nuevas.

Coagulación, Floculación y Clarificadores secundarios:

La coagulación/floculación es un procedimiento químico y físico por el cual las partículas que son demasiado pequeñas se desestabilizan y se aglomeran para acelerar su asentamiento. En el proceso químico se incluye oxidación, reducción y precipitación de sales metálicas.

Cloración: Proceso químico que ayuda a la desinfección del efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tanque de distribución: Tanque de almacenamiento del agua ya tratada, lista para distribuirse.

Laguna de aereación: Etapa en donde se pocesan los lodos para su posterior disposición sanitaria.

Caseta y bombas para lodos de exceso:

Dispositivo que ayuda a trasladar los lodos.

8.1.2 Proceso de Cloración y Sistema de Dosificación.

El área que se analizará para determinar el nivel de riesgo representado por un tanque de cloro gas es la número 19, que corresponde al cuarto de dosificación de cloro.

La cloración es el método más común que se aplica para asegurar que el agua esté libre de bacterias perjudiciales, es un método de desinfección confiable, relativamente económico y fácil de aplicar. El cloro gas se disuelve en agua al vacío y esta solución concentrada se aplica al agua tratada.

En plantas pequeñas se utilizan cilindros de alrededor de 70 kg (150 lb); para plantas de tamaño mediano a grande son comunes los recipientes de una

tonelada, para las plantas muy grandes el cloro se entrega en carros cisterna de ferrocarril.

La manera de operar este sistema de dosificación de cloro en la planta de tratamiento de AIMSU consiste de lo siguiente:

El cilindro de cloro gas que se utiliza en la instalación es de 1 tonelada, el cual es suministrado por Industria Química del Istmo, S.A. de C.V, (Iquisa de C.V.) Debido a que el consumo de cloro gas es, en promedio, de 250 kg/día se encuentra en la instalación un tanque conectado al clorador, además de 2 tanques llenos y 2 vacíos almacenados en el área. La distribución física del área se puede apreciar en la figura 16.

El cilindro en uso se encuentra colocado sobre una báscula y el control de la cantidad existente del cloro en el tanque se realiza en base al peso del cilindro y su tara; el cilindro se conecta al clorador cuya función es dosificar la cantidad suficiente de cloro para efectuar el proceso de desinfección del agua. El control de suministro de cloro del tanque al dosificador se realiza a través de una válvula de salida del tanque y mediante un manómetro colocado en la línea de conducción del cloro a la entrada del dosificador; la presión del manómetro debe ser de 4 kg/cm².

El cloro que llega al dosificador es calentado con un dispositivo eléctrico para reducir el depósito de impurezas y para evitar la relicuefacción del gas durante las interrupciones del dosificador, principalmente en los casos en que se tenga abierta la válvula de suministro de cloro gas.

La válvula del dosificador es de abertura variable, un vacío o succión producido por un flujo de agua través de un inyector tipo aspiradora tirará hacia abajo del diafragma en la válvula reguladora de presión de gas y permitirá así la entrada del cloro. La descripción del sistema es dado en la figura 17.

El flujo de cloro ser mantendrá, gracias a la succión, en un valor prácticamente constante. La succión antes del orificio variable es algo mayor debido a la caída de presión por el rotámetro, así como el flujo de cloro en un momento dado, por lo tanto el flujo a través del orificio es función de la abertura determinada por la posición del vástago que manualmente controla el operador.

De la válvula reguladora de vacío, el cloro pasa al inyector donde se mezcla con agua ya tratada que proviene del tanque de almacenamiento. La solución de agua con cloro se conduce por una tubería de PVC de 2" de

diámetro hacia dos tanques de distribución, uno abierto identificado como tanque No.1, localizado a 12 m de distancia, y otro cerrado identificado como tanque No.3 y ubicado a una distancia de 50 m. El diagrama de flujo para esta operación se observa en la figura 18.

En el sistema del dosificador existe una válvula de alivio de vacío y de presión que podemos observar a detalle también en la figura 17. Ella sirve para los casos en que el suministro de cloro es interrumpido, o cuando la válvula reguladora de vacío fallara durante la operación, lo que desarrollaría una succión máxima y el diafragma de la válvula de alivio obligaría al vástago a

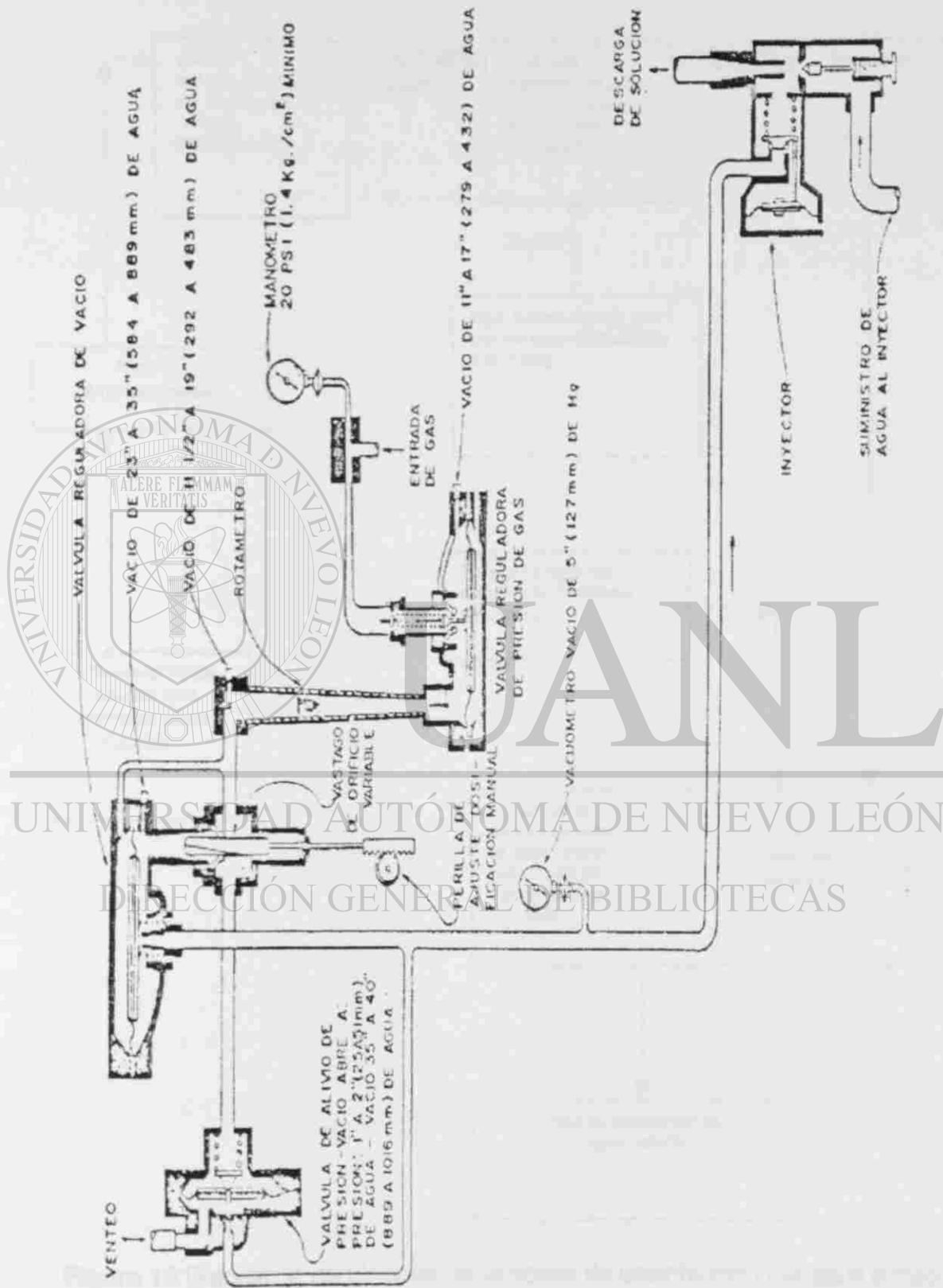


Figura 17 Válvula dosificadora de abertura variable

abrirse para admitir aire en la ventanilla, a modo de aliviar el exceso de succión dentro del sistema.

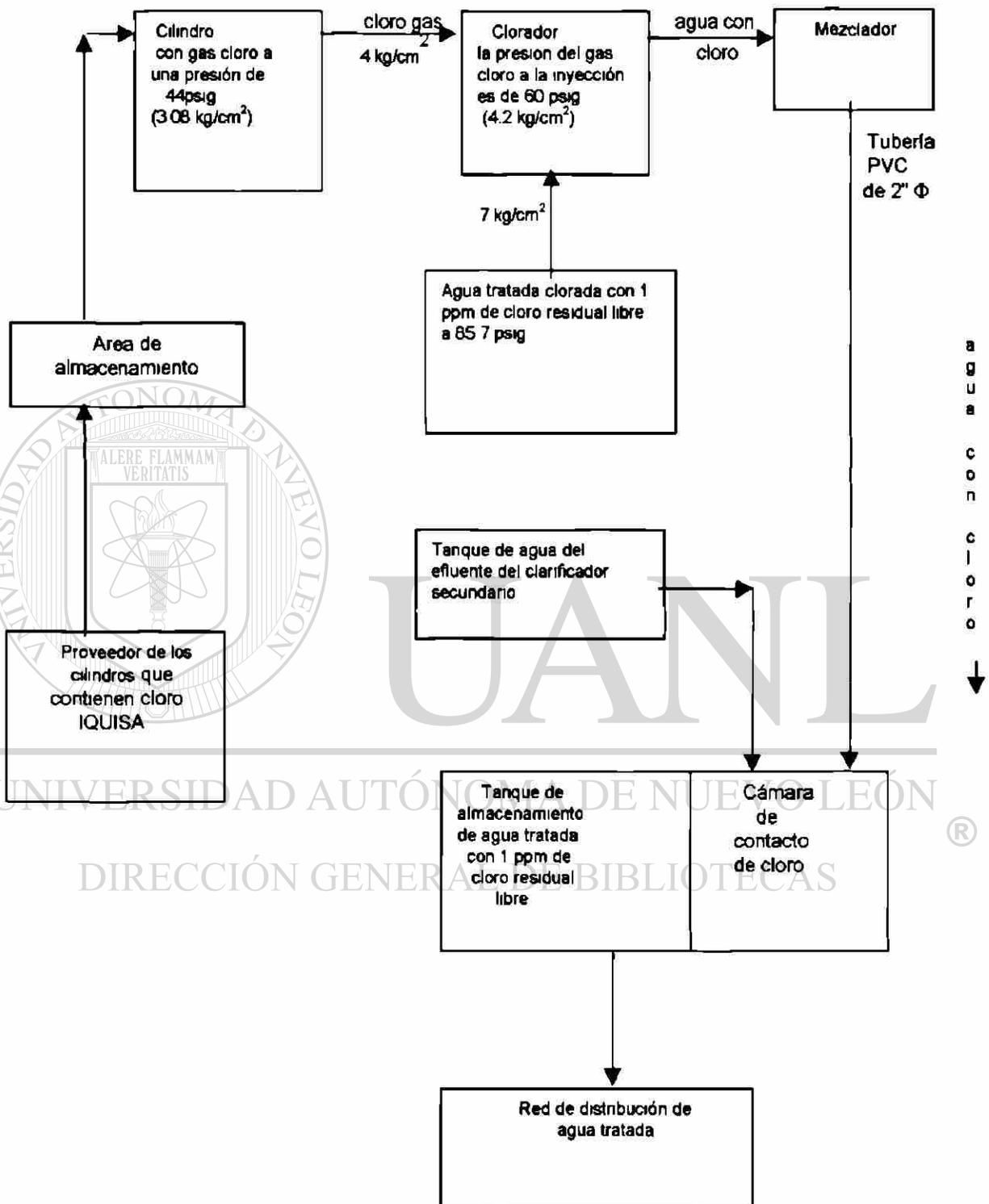


Figura 18 Diagrama de bloques del proceso de desinfección del agua tratada por cloración.

Una representación simplificada del sistema de distribución del cloro se puede observar en la figura 19.

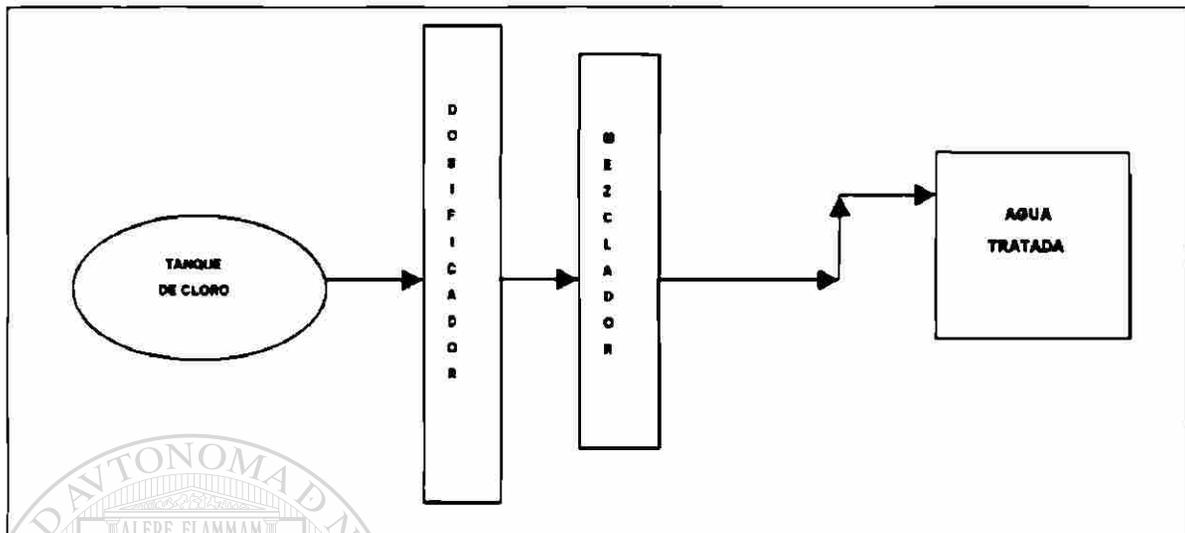


Figura 19 Sistema de distribución del cloro gas en la planta tratadora de agua residual.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

8 2 Descripción de los efectos físicos, químicos y toxicológicos del cloro gas.

El cloro (Cl_2) existe como gas o líquido, no es inflamable ni explosivo, tiene un olor característico, es de color amarillo verdoso y es cerca de 2 5 veces más pesado que el aire. Si se libera del tanque o del sistema a la atmósfera se mezclará y concentrará en los niveles más bajos del edificio o área donde ocurre la fuga. Por otro lado, el cloro líquido es un líquido ambar transparente y es cerca de 1.5 veces más pesado que el agua.

El cloro gas es principalmente un irritante respiratorio, pero puede causar también irritación de ojos a una concentración tan baja como 0.09 ppm. El límite de detección de cloro por el olfato humano es de 3.0 ppm, que es una concentración suficientemente baja que ayuda a detectar rápidamente cualquier situación de peligro potencial. A 15 ppm el cloro gas puede causar irritación inmediata de la garganta.

Las concentraciones de cloro gas de 50 ppm son peligrosas y de 1000 ppm pueden ser fatales en una exposición intensa. Estos niveles exceden en el orden de 2.5 a 50 veces el valor guía establecido para planes de respuesta en caso de emergencia, que es de 20 ppm.

Acerca de los síntomas ante la exposición, si una concentración suficiente de cloro gas se halla presente en el ambiente, irritará las membranas mucosas, el sistema respiratorio en su conjunto, la piel y, si la cantidad es mayor a 15 ppm, causará irritación de los ojos, garganta y hasta dificultad para respirar.

Si el tiempo de exposición es alto, con bajas concentraciones de cloro gas, ello provocará una excitación general de la persona afectada e irá acompañada de confusión mental, irritación de la garganta, copiosa salivación y estornudos.

Los síntomas para una exposición a altas concentraciones son náuseas y vómito seguido por dificultades para respirar. En casos extremos, la dificultad

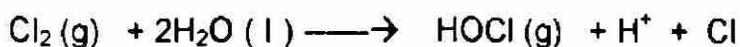
para respirar puede aumentar a tal punto que puede ocurrir la muerte por sofocación, como se describe en la tabla 23.

TABLA 23

Efectos del cloro sobre la salud a diferentes concentraciones

<u>Concentración de cloro</u> (ppm)	<u>Efectos en la salud</u>
0.09	Irritación de ojos
3.0	Se detecta por el olfato humano
15.0	Irritación inmediata de garganta
50.0	Nauseas, vómito y dificultad para respirar
1000	Aumenta la dificultad para respirar hasta sofocación y muerte.

El cloro gaseoso se hidroliza de manera casi completa para formar ácido hipocloroso:



El ácido hipocloroso HClO se disocia en iones hidrógeno (H^+) e iones hipoclorito (OCl^-) en la reacción reversible siguiente:



El cloro reduce el pH del agua a causa de los iones hidrógeno que se producen en las reacciones anteriores, por lo tanto el pH del agua es muy importante para determinar el grado en el que el ácido hipocloroso se disocia para producir los iones hipoclorito.

El ácido hipocloroso, que es el agente desinfectante primario, predomina a un valor de pH menor a 7.5 y es alrededor de 80 veces más eficaz que el ion hipoclorito que predomina a un pH mayor de 7.5. El HClO y OCl^- se describen como el cloro libre disponible, en el sentido utilizable para la desinfección.

Cuando se adiciona al agua, el cloro oxida la materia orgánica y la inorgánica por igual. Por lo tanto no todo el cloro que se agrega al agua da por resultado la producción de cloro libre disponible. La cantidad de cloro que reacciona con los compuestos inorgánicos (Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_3) y con las impurezas orgánicas se conoce como la demanda de cloro y es necesario satisfacerla para que se forme cloro libre disponible. La aplicación de cloro al agua hasta el punto en que hay cloro libre residual disponible se llama cloración hasta el punto de cambio (39)

8.3 Método de Análisis de Riesgo

En base a la descripción de la instalación y el proceso utilizado para el tratamiento de las aguas residuales, en la sección 8.1 se seleccionó la aplicación de dos de los métodos existentes para evaluar el riesgo, utilizándolos de manera combinada; ellos son el método de Probabilidad Condicionada (What-If) y el método de Riesgos y Operatividad (Hazop).

El método de Probabilidad Condicionada (What-If) se utilizó como técnica formal para la lluvia de ideas, se identificaron las situaciones de peligro potenciales y sus consecuencias. Se elaboró una serie de preguntas que se formularon en base a la descripción del proceso y que el gerente de la planta, el supervisor y el operador del sistema de distribución de cloro respondieron en una entrevista.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El método de Análisis de Riesgos y Operatividad (Hazop) complementa al método de Probabilidad Condicionada dándole estructura y orden para la revisión más rigurosa del proceso, logrando resultados a nivel de detalle con mayor resolución

El proceso de cloración se analizó línea por línea y se identificaron posibles causas de riesgo. Se estudiaron "nodos" individuales en el proceso en

base a alguna variable que pudiera ser medida u observada de manera explícita o implícitamente, estas variables incluyen:

- Presión
- Diferencia de presiones
- Flujo
- Concentración
- Reactividad
- Control e Instrumentación
- Equipo
- Operadores y Personal de mantenimiento (para detectar errores).

Cada "nodo" fue estudiado con el método de Probabilidad Condicionada, se identificaron posibles escenarios de escape de cloro que pudieran representar un peligro y tener como consecuencia daños al personal de la planta, equipo y medio ambiente.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para calcular el valor de Riesgo Ambiental se determinaron los valores de frecuencia y severidad de manera semi-cuantitativa utilizando como base la Matriz de Riesgo de 3x3 que fue tomada de la Guía para la Preparación de un Programa Preventivo y Administración del Riesgo, la cuál fue desarrollada por la oficina de Servicios de Emergencia del Estado de California, USA. En este trabajo se modificó la matriz de 3X3 a una matriz de 4X4 con el objetivo de

manejar un intervalo más amplio que permitiera valorar en forma más gradual cada situación de riesgo identificada.

Los resultados se presentan en hojas de trabajo que incluyen acciones recomendadas como alternativas para la reducción del riesgo y que se encuentran en el siguiente capítulo.

8.3.1 Matriz de Riesgo

La matriz para medir el Riesgo se forma con dos variables:

- (A) Probabilidad de liberación de gases
- (B) Severidad de las consecuencias en caso de liberarse sustancias altamente peligrosas.

Al multiplicar estas dos variables se obtiene un valor que representa al Riesgo y ayuda a determinar las situaciones de mayor Riesgo, al simular los efectos que ocasionaría la liberación del gas; así,

$$(A \times B) = \text{Riesgo como Factor de Análisis de liberación}$$

Los valores de probabilidad de liberación de alguna sustancia altamente peligrosa (A) y la severidad de las consecuencias (B) se representan para varios niveles por los valores dados en el siguiente cuadro:

Nivel	Probabilidad de escape o fuga (A)	Severidad de las consecuencias debido a la fuga de sustancias altamente peligrosas (B)
Bajo	1	1
Bajo	2	2
Alto	3	3
Alto	4	4

El criterio aplicado para los intervalos de los valores es el siguiente:

Probabilidad de escape o fuga (A):

- 1 (Bajo) Se espera que ocurra una vez durante la vida de la planta.
- 2 (Bajo) Entre 5 -10 años de estar operando la planta.
- 3 (Alto) Entre 1-5 años, de estar operando la planta.
- 4 (Alto) Entre 0-1 año de estar instalada la planta.

Severidad de las consecuencias (B):

- 1 (Bajo) Resultado en problemas operacionales o daños sencillos, sin daños a la propiedad o a la salud de los trabajadores.
- 2 (Bajo) Resultado en problemas operacionales, interrupción operacional, con irritación o molestias al trabajador debido a las emisiones de cloro gas, con pérdidas de la propiedad menores a \$100 000 pesos.
- 3 (Alto) Resultado en daños múltiples, interrupción operacional significativa o las pérdidas en las propiedades se encuentran entre \$100 000 y \$1 000 000 pesos, con daños a la salud del trabajador, se presentan síntomas de náuseas y sofocación.

- 4 (Alto) Resultado en muertes o pérdidas debido a la cantidad de gas inhalado, ocurre afectación al medio ambiente y daños a la propiedad o producción mayores que \$1 000 000 pesos.

Los factores para el Análisis de Riesgo (A X B) corresponden a las siguientes acciones:

Factor de Análisis de Riesgo (A X B)	Acciones para ser tomadas
<p style="text-align: center;">>12</p>	<p>Identifica situaciones indeseables de riesgo. Alta probabilidad de fuga o escape que urge atender en un tiempo menor a 6 meses, se requieren de controles y dispositivos anticontaminantes. Es conveniente mostrar las consecuencias en el lugar y analizar en este escenario el escape o fuga.</p>
<p style="text-align: center;">8-9</p>	<p>Identifica situaciones indeseables de riesgo que urge atender en un tiempo menor a 1 año, se requieren de controles y dispositivos anticontaminantes</p>
<p style="text-align: center;">4-6</p>	<p>Condiciones aceptables de riesgo, solamente se requiere de un mayor control administrativo.</p>
<p style="text-align: center;">1-3</p>	<p>Probabilidad de fuga o escape. Mostrar las consecuencias en el lugar. Analizar en este escenario el escape o fuga.</p>

8.4 Análisis de consecuencias en el lugar

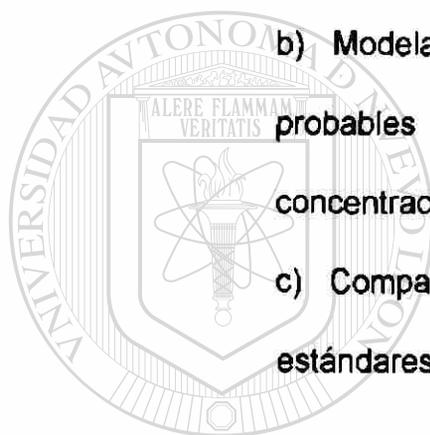
Para realizar el análisis de consecuencias en el lugar, se utilizó un modelo de dispersión de aire. Se seleccionó como escenario la concentración mayor de cloro gas disperso en el aire en el peor de los casos y se compararon los resultados del modelado con los valores estándar de daños inmediatos a la vida

y la salud (IDLH). Para realizar este análisis se llevaron a cabo las siguientes actividades:

a) Cálculos de Ingeniería para estimar las cantidades potenciales que pudieran fugarse del material altamente peligroso (Cloro gas) y la identificación de los escenarios que presentan la más alta probabilidad de fuga o derrame. Estos escenarios fueron identificados con el método de análisis de riesgo ¿Qué pasa si? (What- If), utilizando la matriz de Riesgo.

b) Modelado de todos los escenarios identificados como probables que presenten fuga de cloro, para determinar la concentración del material altamente peligroso en el lugar.

c) Comparación de los resultados del modelado con los estándares de riesgo para la salud.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

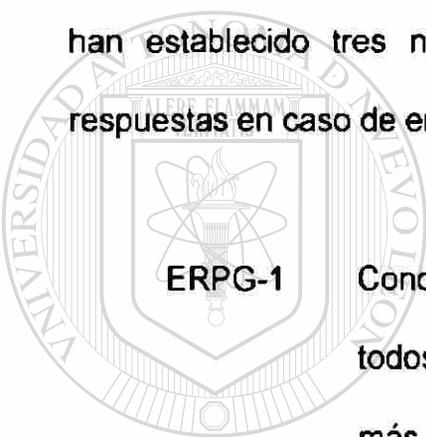
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8.4.1 Estándares de Riesgo para la salud:

Para determinar las consecuencias de las concentraciones de cloro encontradas con el modelado en el lugar a evaluar, se tomaron como referencia diferentes límites de exposición ocupacional existentes, como las concentraciones establecidas por el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) y que son conocidas como Daño Inmediato a la Salud y la Vida "Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH). Estos límites de

exposición son aplicables en su mayoría a trabajadores, hombres adultos y saludables, y no a comunidades expuestas.

La Asociación Americana de Higiene Industrial ha desarrollado recientemente unos valores de riesgo a la salud llamados Guías para la planeación de respuestas en caso de emergencias (Emergency Response Planning Guidelines "ERPGs"). Estos valores señalan los efectos a la exposición de material altamente peligroso sobre cualquier persona, no solo trabajadores. Se han establecido tres niveles en los valores guía para la planeación de respuestas en caso de emergencia:



ERPG-1 Concentración dispersa máxima bajo la cual se espera que todos las personas más cercanas, al estar expuestas por más de una hora, presentan efectos adversos a la salud moderados y transitorios, sin percibir un olor claramente definido.

ERPG-2 Concentración dispersa máxima bajo la cual se espera que las personas puedan tener efectos a la salud serios e irreversibles, o síntomas que pudieran impedir la habilidad de la persona para tomar acciones que lo protejan.

ERPG-3 Concentración dispersa máxima bajo la cual se espera que todas las personas más cercanas, al estar expuestas por

más de una hora, experimenten o desarrollen efectos a la salud que amenacen su vida.

En base a estos datos, el valor de referencia para el cloro será:

SUSTANCIA	ERPG-3	IDLH
Cloro	20 ppm	30 ppm

8.4.2 Modelo de dispersión en el aire

El modelo de dispersión en el aire, que se utilizó para este análisis de riesgo, es el Modelo de dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea del paquete SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos en la Industria), el cual ayudó a predecir las concentraciones del material altamente peligroso en función de la dirección del viento en el peor de los escenarios. Con

este modelo se realizó una estimación de la zona afectada por la nube o "puff" durante su desplazamiento, así como un seguimiento de la concentración de cloro en función del tiempo de arrastre.

8.4.2.1 Modelo matemático para la dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea.

El modelo está desarrollado en base a las ecuaciones de dispersión gaussiana de una nube o "puff" tridimensional, formada por la masa de una sustancia gaseosa que es liberada a la atmósfera en unos cuantos segundos.

La figura 20 muestra la representación esquemática del modelo, el cual ha sido diseñado para proveer de una estimación de la zona afectada por el puff durante su desplazamiento, así como de un seguimiento de la concentración en función del tiempo de arrastre.

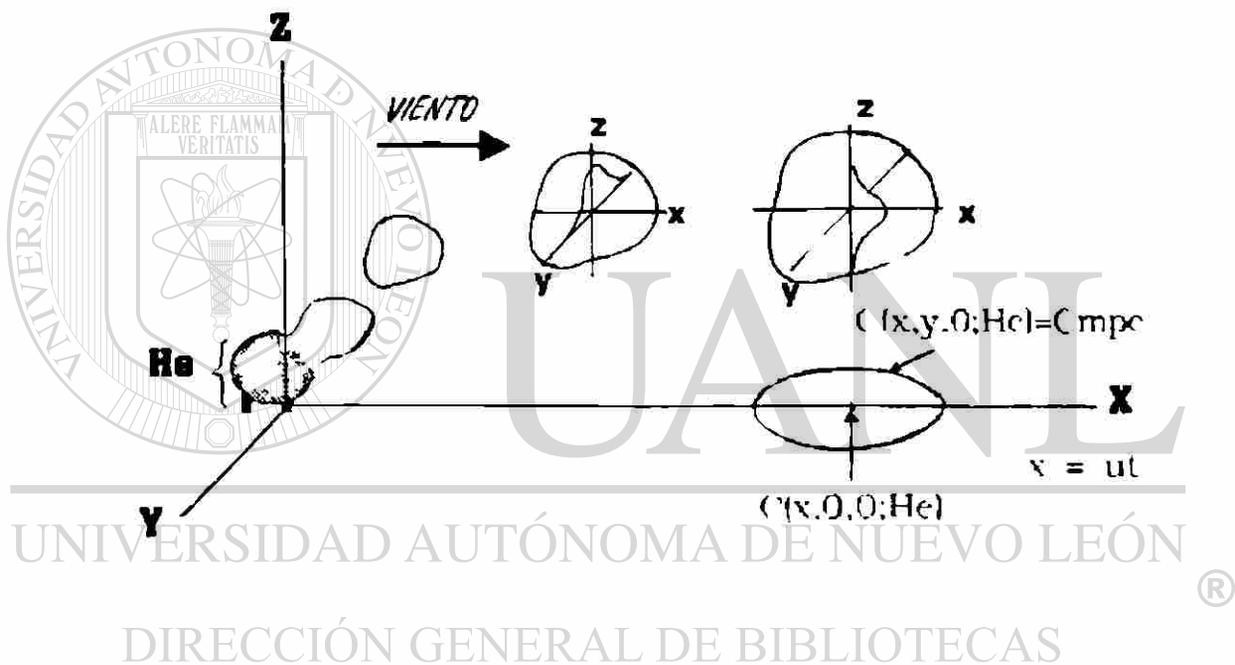


Figura 20 Esquema Conceptual del modelo PUFF

Una característica básica del modelo es que se asume lo siguiente:

- La dispersión de la nube a lo largo de la dirección del viento(x), es igual a la dispersión en la dirección lateral(y).

- El viento interviene únicamente como un vector de movimiento de la nube o puff, condicionando su posición viento abajo del punto de emisión, es decir, no existe dilución debido a el viento.
- El modelo involucra solamente concentraciones a nivel del piso, $z = 0$.

La ecuación de la dispersión gaussiana tridimensional que constituye al modelo es (40)

$$C(x,y,0;He) = (2Q / (2\pi)^{3/2} Sp^2 Sz) \exp \left((-1/2) \left(\frac{(x-Ut)^2 + y^2}{Sp^2} + \frac{He^2}{Sz^2} \right) \right)$$

donde:

$C(x, y, 0; He)$ = Concentración a nivel de piso en la posición (x, y) a partir del centro de la nube, (g/m^3) ,

Q = Emisión total de gas, (g) ,

He = Altura de emisión de la nube, (m) ,

$Sp = Sy = Sx$ = Coeficientes de dispersión de la nube en las direcciones

x e y , (m) ,

Sz = Coeficiente de dispersión de la nube en la dirección z , (m) ,

$Pi = 3.1416$,

t = Tiempo de desplazamiento o recorrido de la nube, (s) ,

U = Velocidad promedio del viento (m/s) ,

x = Distancia (m) a partir del centro de la nube, en dirección del viento x ,

y = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección lateral y , (m) ,

z = Distancia a partir del centro de la nube en la dirección vertical z , (m) .

Los coeficientes de dispersión S_y y S_z , los cuales definen el tamaño de la nube, son función de la distancia recorrida por el mismo ($U \times t$) y de las condiciones de estabilidad atmosféricas prevalecientes.

En el modelo se asume que la estabilidad, así como el viento, permanecen constantes durante todo el recorrido del puff; los coeficientes S_y y S_z se determinan de acuerdo con el procedimiento de Pasquill (40), seleccionándolos de tal forma que la concentración estimada resultante sea representativa de la concentración que se tendría desde una fuente emisora puntual continua (40).

El tamaño inicial de la nube se estima considerando una distancia ficticia x_f en la cual $S_{y0} = S_{z0} = \text{radio del recipiente} / 2.15$. (Ref.40)

Los resultados suministrados por el modelo son: la distancia recorrida por la nube o puff, el tiempo necesario para ese recorrido y la concentración en el centro al mismo nivel de piso, así como una gráfica de concentración - distancia en el centro de la nube.

Los cálculos se interrumpen cuando se alcanza una distancia de interés o una concentración determinada por el usuario, la que podría incluso ser una concentración máxima permisible de exposición (C_{mpe}).

También se determinan las curvas de isoconcentración, correspondientes a la concentración de interés suministrada por el usuario, en varios puntos del recorrido del puff, determinados con ayuda de la ecuación:

$$y = (2 \ln (C_{(0,0,0; He)} / C_{(x,y,0; He)})^{1/2}) S_y$$

donde:

$C(0,0,0;He)$ = Concentración del gas en el centro del puff, a nivel del piso y a una distancia U_t del punto de emisión (g/m^3).

$C(x,y,0;He)$ = C_{mpe} = Concentración correspondiente a la curva de concentración deseada (g/m^3).

Debido a las suposición de que:

$$S_x = S_y,$$

se tiene que la curva de isoconcentración estará representada por un círculo.

Cabe recalcar que en cualquier punto situado dentro del círculo se tendrá que la concentración en el punto es superior a la concentración máxima permisible de exposición (C_{mpe}) suministrada por el usuario.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Este modelo generalmente se utiliza para señalar la tendencia de dispersión del contaminante en el aire, por lo que se requiere de datos climatológicos y meteorológicos promediados para el sector. Estos datos se obtuvieron del Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA), Estación Noreste, localizada en la calle Antonio Díaz Soto y su cruce con la calle Artículo 123, en la colonia Unidad Laboral, ubicada a la misma altitud que la planta de AIMSU y a una distancia de solo 2.5 km.

Se hizo el perfil de comportamiento de la dirección del viento de Enero a Junio de 1 999, tomándose como valor promedio la dirección Este-Sureste y una velocidad del viento de 2 a 10 m/s; los datos y gráficas se presentan en el capítulo de resultados. Otro dato importante que se utilizó para la simulación es la estabilidad que se determina con los datos contenidos en la tabla 24 que resume los valores de Pasquill y que relaciona las condiciones de velocidad del viento con la estabilidad compatible, lo cual puede usarse en estudios de dispersión de nubes de vapor.

TABLA 24 Condiciones meteorológicas que definen las clases de estabilidad Pasquill

Velocidad del viento superficial (m/s)	Insolación diurna			Condiciones nocturnas	
	FUERTE	MODERADA	LIGERA	Finamente nublado > 4/8 nubes bajas	≤ 3/8 nublado
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	C	D	D
>6	C	D	D	D	D

8.4.3 Distribución de la población

Para conocer el grado de afectación que la fuga de cloro gas puede ocasionar en la población, se hizo un estimado de la densidad de población del área que rodea a la planta de tratamiento. Se utilizó el censo de población realizado por el INEGI y que es conocido como Conteo 95 de Población y Vivienda y el plano de localidad urbana de San Nicolás de los Garza N.L., la que corresponde al área donde se encuentra localizada la planta de tratamiento.

Las zonas que rodean a la planta de tratamiento se encuentran clasificadas por INEGI con las siguientes claves: 020-1, ubicada hacia el Norte, que corresponde a las colonias Las Puentes y Paseo las Puentes; 106-A, localizada hacia el Sur, incluye a la colonia Arboledas de San Jorge y a las industrias Cia. Papelera Maldonado, Cerrey y Galletera Mexicana; 154-9, en esta zona, localizada hacia el Este de la planta donde se encuentra la colonia Riberas las Puentes; 155-3, localizada hacia el Sureste donde se encuentra la colonia Hacienda Las Puentes y; en la zona 165-7, ubicada hacia el oeste, se encuentra la colonia Potrero Anahuac y Residencial Nova.

Las zonas que presentan la mayor concentración poblacional son la zona Norte con clave 020-1 que cuenta con 5 285 habitantes, la zona Este con clave 154-9 contando con 5113 personas, la zona Sureste clave 155-3 con 5 022

habitantes; la zona Oriente con clave 165-7 que presenta una población de 2976, y la zona Sur, clave 106-A, que presenta la menor densidad de población con 753 habitantes (sin considerar la población flotante que se encuentra en esta zona debido a los patrones de ocupación de las industrias instaladas).

Los datos correspondientes al censo poblacional se localizan en la tabla 25 que se incluye a continuación:

TABLA 25 Censo poblacional Zona de San Nicolás

CENSO POBLACIONAL						
No. de Zona	Población del 90	Población del 95	Total de Viviendas habitadas 90	Total de Viviendas habitadas 95	Promedio de personas por vivienda 90	Promedio de personas por vivienda 95
020-1	5773	5285	1272	1334	4	4
106-A	813	753	169	159	5	4
154-9	3106	5113	736	1226	4	4
155-3	2709	5022	578	1096	5	5
165-7	431	2976	90	817	5	4

Fuente INEGI, Censo 1995.

CAPITULO 9

RESULTADOS DE LA EVALUACION DE RIESGO Y CONCLUSIONES

9.1 Identificación de los peligros potenciales.-

En base a la descripción del proceso de tratamiento de agua en la planta de AIMSU y al diagrama de distribución del cloro gas se elaboró una serie de preguntas que se aplicaron en una entrevista a el gerente de la planta, el supervisor y el operador del sistema de dosificación del cloro para poder identificar con el método de ¿Qué pasa si? (What if?) y el método de Riesgos y Operatividad (HAZOP) las situaciones de alto riesgo.

9.1.1 Preguntas Generales.

La serie de preguntas y sus respuestas se muestran a continuación:

ANALISIS PARA IDENTIFICAR RIESGOS

Preguntas Generales
Planta de Tratamiento de Agua
AIMSU

1.- ¿Se han registrado emisiones fugitivas del tanque de cloro gas?

R= No, en los 30 años de operación de la planta

2.-¿Se han registrado fugas en válvulas debido a cambios en el tamaño de las mismas?

R= No hay registro de fugas en válvulas, siempre se maneja el mismo tamaño en válvulas, no hay un programa de mantenimiento preventivo.

3.- ¿Se han registrado problemas de corrosión en el tanque?

R= No, la supervisión y buen estado de los tanques de cloro lo realiza y es responsabilidad del proveedor.

4.- ¿Qué pasaría si el cilindro de cloro gas tuviese una fuga durante su instalación al sistema de dosificación?

R= Se empezaría a dispersar el gas en el sentido de la dirección de los vientos dominantes. Nunca ha sucedido y no se cuenta aún con algún plan de contingencia.

5.- ¿Qué pasaría si el tanque se rompiese, o si la conexión del niple sufriera una fractura?

R= Habría descarga completa del tanque de cloro hacia la atmósfera

6.- ¿Qué pasaría si la tubería de suministro del cloro se rompe?

R= Se presentaría escape de cloro a la atmósfera hasta que la válvula del tanque de cloro sea cerrada y se cambie el tramo afectado por algún trabajador que cuente con equipo de protección, mascarilla especial y guantes.

7.-¿Qué pasaría en caso de falla de la válvula reguladora de vacío localizada aguas abajo del vaporizador?, ¿Respondería abriendo o cerrando?, ¿Fugaría la Válvula Reguladora de Presión?, ¿Se produciría un aumento en la presión aguas abajo?

R= La succión puede aumentar provocando un valor máximo de vacío en la operación, el diafragma de la válvula obliga al vástago a abrir para admitir aire a modo de aliviar el exceso en la succión. Si la válvula reguladora de presión de cloro fuese la que falla, el diafragma de la válvula reguladora de alivio se abriría para descargar cloro gas al exterior.

8.- ¿Qué pasaría si ocurre una descarga eléctrica (cae un rayo) sobre las instalaciones?

R= Nada, las instalaciones se encuentran aterrizadas, nunca ha sucedido.

9.- ¿Que sucedería si un vehículo chocara con la tubería que conduce al cloro gas?

R= En estas instalaciones no sucedería nada pues una parte de la tubería va subterránea y otra aérea, es decir, las tuberías se hallan fuera del alcance de este tipo de percances.

10.- ¿Que sucedería si la fuente de poder fallase?

R= Se detiene el suministro de energía eléctrica y se cierra inmediatamente la válvula de suministro de cloro.

11.- ¿Qué pasaría si el suministro de cloro al proceso en donde se utiliza aumenta o disminuye?

R= Si aumenta saldría de especificación el producto, presentaría un fuerte olor a cloro y el cliente lo reportaría. Si disminuye saldría de especificación el producto, el usuario lo reportaría.

12.- ¿Qué pasaría si las válvulas de paso son accidentalmente cerradas mientras el proceso esta operando?

R= El equipo produciría un ruido como de cascabeleo, avisando que algo está pasando, luego en forma automática se cierra la válvula principal del tanque de cloro.

13.- ¿Qué pasaría si el indicador para suministro de cloro fallase?

R= Se suspendería la operación, cerrándose el tanque de cloro. Generalmente esto sucede cuando el filtro de agua tratada se encuentra tapado, provocando baja succión y una operación defectuosa del indicador para suministro de cloro.

Quando ello ocurre se procede a limpiar el filtro.

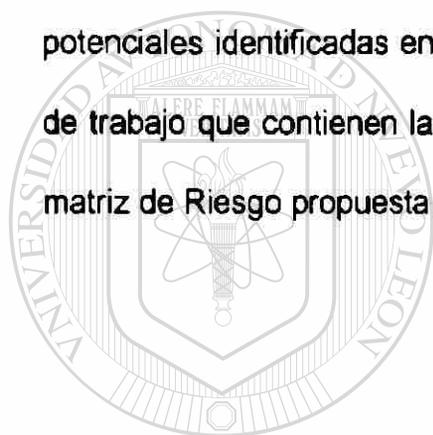
14.- ¿Qué pasaría si emisiones fugitivas de cloro se liberan del equipo o de las conexiones?

R= No hay antecedentes ni registro de este tipo de emisiones, sin embargo en caso de suceder pudieran afectar la zona más cercana a la fuga. La planta cuenta con un sensor de fugas de cloro que puede detectar desde 0.4 a 0.6

ppm de cloro, activando de manera inmediata y simultanea un sistema de alarma con torreta y sirena instalada en el cuarto de bombas y en el área de vigilancia.

9.2 Factores de Riesgo: Diagrama de causas potenciales y su medición

Se presentan enseguida, mediante la figura 21, el diagrama de causas potenciales identificadas en el proceso para dosificar cloro, junto con las hojas de trabajo que contienen la evaluación de frecuencia y severidad en base a la matriz de Riesgo propuesta en la figura 22.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

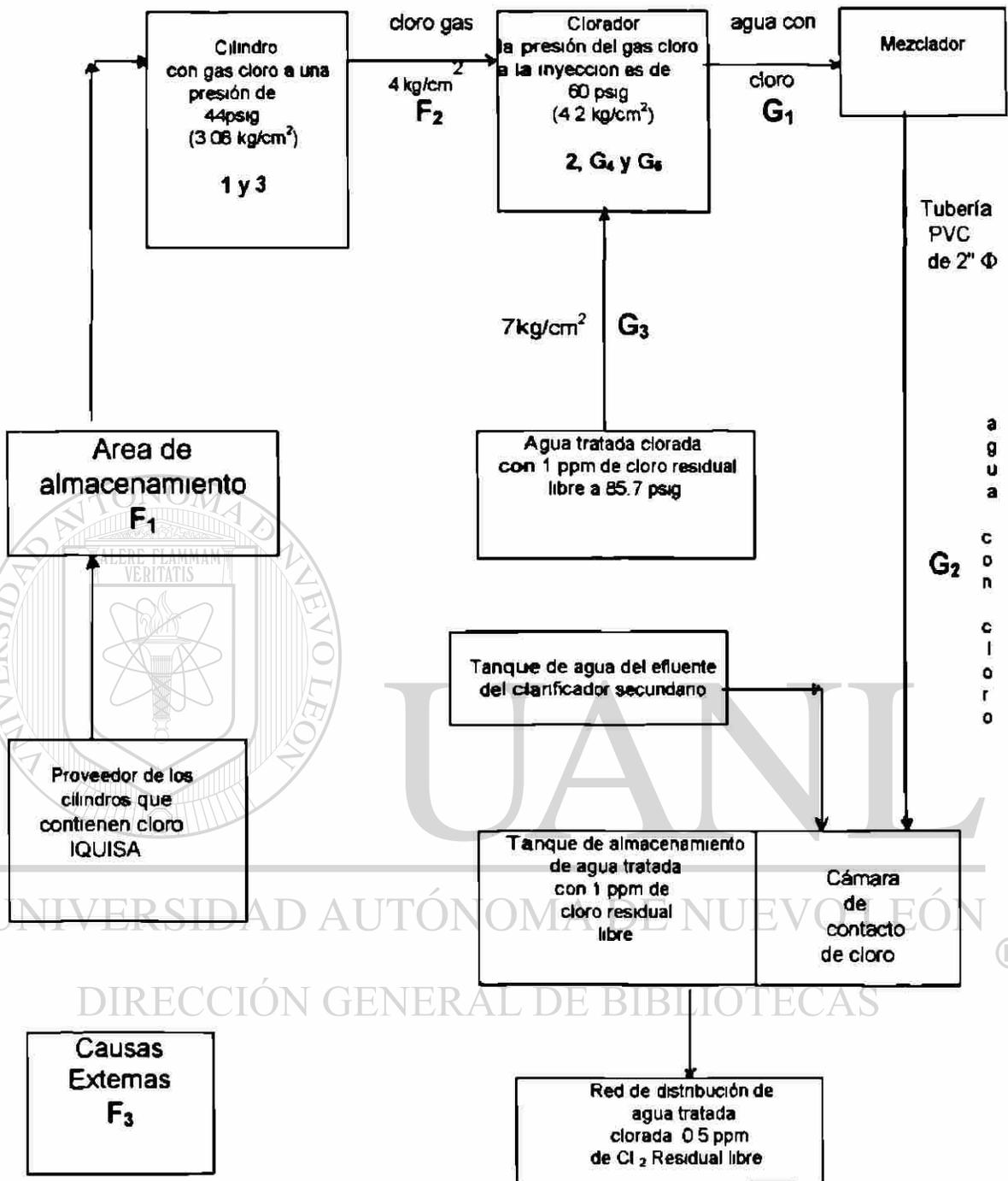


Figura. 21 Identificación de Riesgos en el sistema de distribución del cloro gas en la planta tratadora de agua residual.

MATRIZ DE ANALISIS DE RIESGO

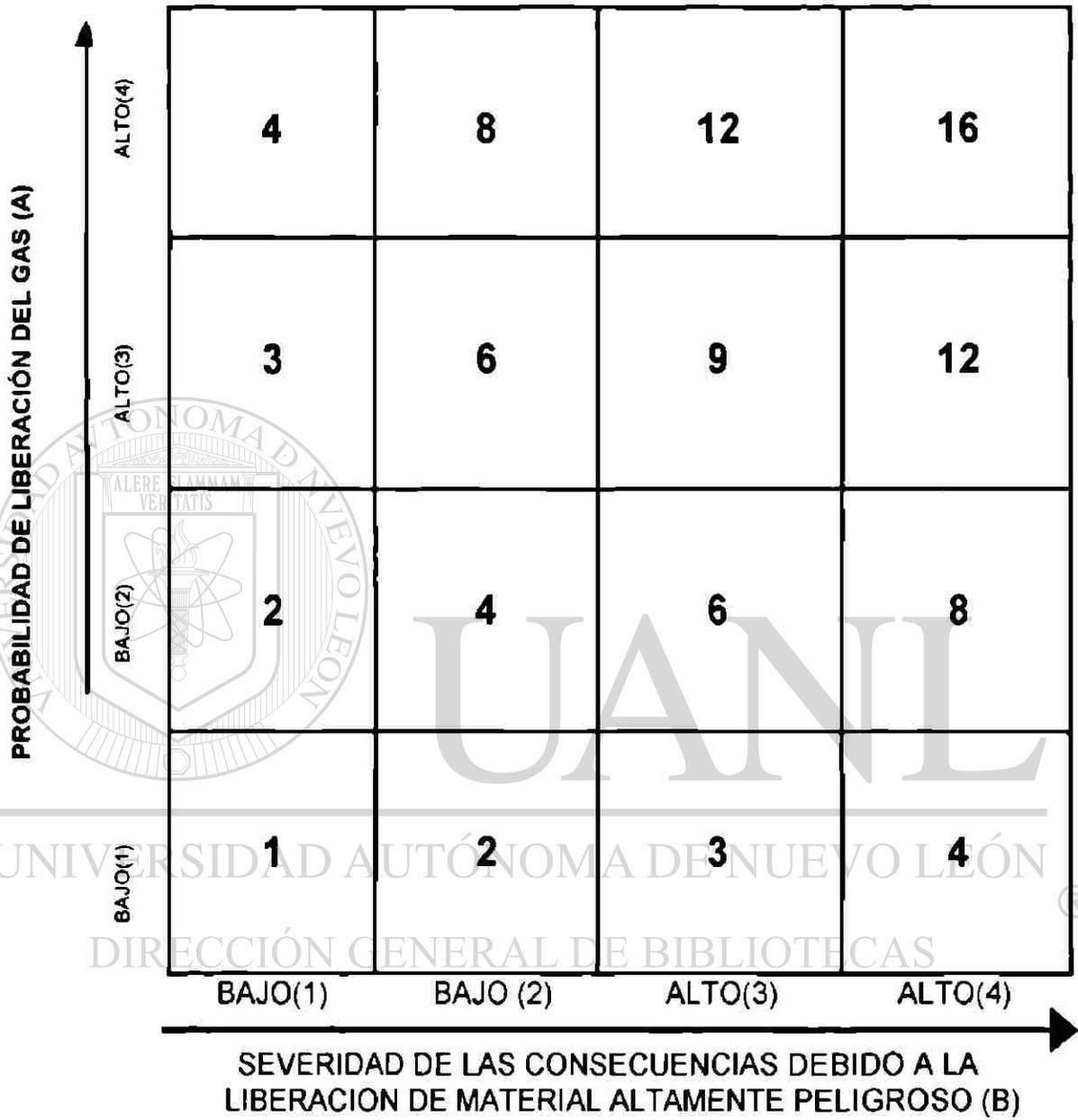


Figura 22 Matriz de Riesgo de 4X4

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

A I M S U

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA / EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
1	¿Se han registrado emisiones fugitivas del tanque de cloro gas?	No, en los 30 años de operación de la planta.	Emisiones fugitivas mayores a el límite de exposición personal pueden ser liberadas a la atmósfera, propiciando cloro, exposiciones crónicas a los empleados y a los vecinos que viven cerca de la planta.	Registrar emisiones fugitivas de manera que ayuden a localizar y reparar fuentes o puntos de emisión del sistema del cloro.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	4
			FACTOR DE RIESGO	
			4	

ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

AIMSU

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA / EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
2	¿Se han registrado fugas en válvulas?	No.	Ruptura de tuberías y/o válvulas. Fallas de la PRV (Válvulas Reguladoras de Presión) al fallar y no poder liberar adecuadamente un aumento en la presión.	Realizar revisiones periódicas para asegurar que las PRVs (Válvulas Reguladoras de Presión) se encuentren con el tamaño adecuado y no hayan sido cambiadas durante la rutina de mantenimiento. Establecer un programa de mantenimiento.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS		3	PROBABILIDAD	SEVERIDAD
		3	1	FACTOR DE RIESGO 3

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

A I M S U

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA / EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
3	¿Se han registrado problemas de corrosión en el tanque?	No	Puede ocurrir la ruptura de tuberías y/o válvulas a través de una pared delgada y emisión abundante de cloro a la atmósfera.	Realizar una revisión periódica para detectar corrosión en tuberías, uniones, válvulas, etc., que se encuentran instaladas en el proceso del tanque de cloro gas hasta el punto de mezclado del cloro gas con agua.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS		1	SEVERIDAD	FACTOR DE RIESGO
		4	4	4

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

AIMSU

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA /EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
F1	<p>a) ¿Qué pasa si el cilindro de cloro gas empieza a fugar mientras se instala en el área de almacenamiento?</p> <p>b) ¿Qué pasa si el tanque se rompe o la conexión del niple se fractura?</p>	<p>a) El cilindro ha sido diseñado con alta dureza para prevenir la ruptura de las paredes. Ningún caso se ha registrado con este tipo de accidente. Cada cilindro contiene 1000 kg de cloro.</p> <p>b) Es posible que la conexión del niple se fracture si el tanque fuera golpeado durante la operación de transferencia del tanque.</p>	<p>a) Se observa emisión constante de cloro a la atmósfera</p> <p>b) Se observa continua liberación del cloro hasta que el tanque se vacíe o la fuga sea sellada.</p>	<p>a) Revisión periódica del tanque por el proveedor.</p> <p>b) Realizar periódicamente pruebas de carga al polipasto que se utilizan para levantar los tanques de cloro. Durante el proceso de transferencia del tanque, asegúrese que el personal que participe sea el adecuado y esté capacitado para colocar el tanque en la plataforma; asegúrese que cualquier objeto o material extraño con protuberancias o filos sea retirado para evitar que tenga contacto con las conexiones del tanque. Asegúrese que los planes de respuesta para emergencias consideren la descarga de cloro, en una cantidad considerable durante las operaciones.</p>
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS			PROBABILIDAD	FACTOR DE RIESGO
			1	4
			SEVERIDAD	
			4	

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

AIMSU

INSTALACION:TANQUE DE CLORO

EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA / EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
F2	a)¿Qué pasa si la tubería de suministro de cloro se rompe?	Se presenta una continua liberación de cloro hasta que la válvula del tanque se cierre.	Escape de cloro a la atmosfera.	Proporcionar al personal equipo protector, el cuál se debe colocar dentro de una distancia razonable del lugar de almacenamiento para que el operador lo utilice al cerrar la válvula.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	4
				FACTOR DE RIESGO
				4

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

AIMSU

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA / EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
F3	¿Qué pasa si... a) Ocorre una descarga eléctrica (cae un rayo) en las instalaciones? b) Si un vehículo choca con la tubería? c) La fuente de poder falla?	a) Las instalaciones están aterrizadas b) Esto no sucede porque la tubería va subterránea. c) Se apaga la instalación.	a) Ninguna b) Ninguna. c) Ninguna	a) Ninguna b) Ninguna. c) Ninguna
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	1
			FACTOR DE RIESGO	
			1	

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

AIMSU

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA /EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
G1.	¿Qué pasa si el suministro de cloro al proceso a) Es muy poco?	a) Si se presentan flujos muy pequeños se realiza un proceso ineficiente.	Se obtiene un producto fuera de especificación	Revisar el registro de peso del tanque de cloro para verificar que no se encuentre a un peso menor del adecuado.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS				
			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	1
				FACTOR DE RIESGO
				1

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

AIMSU

INSTALACION: TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA /EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
G2	¿Qué pasa si a) las válvulas de paso son accidentalmente cerradas mientras el proceso está operando?	a) No hay flujo El proceso de producción se interrumpe, debido a que el equipo produce un ruido de cascabeleo. El producto presenta fallas, fuera de especificación.	Ninguna	Ninguna
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	1
			FACTOR DE RIESGO	
			1	

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

A I M S U

INSTALACION: TANQUE DE CLORO EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA /EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
G3	¿Qué pasa si el indicador para suministro de cloro falla?	El proceso de producción se interrumpe. El filtro de agua tratada, se encuentra tapado, se cierra el tanque de cloro y se limpia el filtro	Ninguna	Establecer un programa de mantenimiento y limpieza del filtro de agua tratada, para evitar que se tape.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS				
			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	1
				FACTOR DE RIESGO
				1

ANALISIS E IDENTIFICACION DE PELIGROS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

A I M S U

INSTALACION:TANQUE DE CLORO
EVALUACION DEL FACTOR DE RIESGO CON MATRIZ 4X4

No.	PREGUNTA /EVENTO	RESPUESTA	CONSECUENCIA O RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS
G4	¿Qué pasa si emisiones fugitivas de cloro se descargan del equipo dosificador o de las conexiones?	Se presentan emisiones fugitivas de cloro gas a la atmósfera.	Cloro gas descargado a la atmósfera.	Desarrollar e implantar un programa para evaluar las emisiones fugitivas de cloro gas con el fin de identificar y reparar todos los puntos de emisión. Asegurar que los planes de respuesta para emergencias tomen en cuenta la liberación de una cantidad apreciable de Cloro durante las operaciones. El personal debe de contar con el material y equipo adecuado.
FUTURAS INSTALACIONES SEGURAS				
			PROBABILIDAD	SEVERIDAD
			1	4
				FACTOR DE RIESGO
				4

9.3 Identificación de las situaciones de mayor riesgo

Al ordenar los factores de riesgo en orden decreciente se identificaron cuatro situaciones con el mayor grado de riesgo potencial:

SITUACIÓN	FR
1) Si el tanque se rompiera o la conexión del niple se fracturara, ocurriría la descarga completa del cloro al ambiente (F1).	4
2) En caso de presentarse problemas de corrosión en el tanque, se observaría la emisión de cloro gas con alta presión hacia el ambiente (3).	4
3) Si el cilindro de cloro gas presentara fugas en el momento de su instalación (F1).	4
4) Si la tubería de suministro de cloro se rompiera (F2).	4

La situación en el peor de los casos se presentará cuando la conexión del niple se fracture si el tanque se golpeará durante la operación de transferencia del mismo. Con este último escenario se aplicó el modelo de dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea.

9.4 Escenarios de fugas

El manejo del cloro fue analizado para un escenario en el peor de los casos y es que ocurra fuga. Se identificaron consecuencias subsecuentes que pudieran presentarse bajo este escenario.

Se estima que se pudieran liberar hasta 1000 kg de 100% (en peso) de cloro. Esta fuga de la sustancia química pudiera ocurrir cuando el tanque es colocado en el área de instalación de tal forma que cualquiera, él tanque o la conexión del niple en el tanque, pudiera romperse.

Se espera que alguna cantidad de cloro forme una nube de vapor, ya que el gas tiene una alta presión de vapor(>760 mm Hg) y es rápidamente volatilizado bajo condiciones ambientales.

9.5 Modelado

El modelado se realizó para estimar la probable zona afectada por la nube de cloro durante su desplazamiento, así como para dar seguimiento a su concentración en función del tiempo de arrastre.

Los resultados se presentan enseguida. Los parámetros utilizados como base para el cálculo son:

-Dirección y velocidad promedio del viento.

Estos datos se registraron durante los meses de Enero a Junio de 1999 en la estación Noreste del SIMA. La dirección que predominó durante los meses de Marzo a Junio fue la Este-Sureste (ESE) y una dirección Noreste (NE) durante los meses de Enero y Febrero. Con respecto a la velocidad se registraron valores desde 2 hasta 10 m/s. Al realizar el cálculo se utilizó la velocidad más baja para poder hacer la evaluación bajo la situación o condición más desfavorable.

-Valor Pasquill.-

Este dato se determinó en base a las condiciones meteorológicas establecidas para la simulación, considerando si es de día o noche, con alta, mediana o baja nubosidad, además la velocidad del viento y si la radiación solar es ligera, moderada o fuerte. Para el modelado se consideró que era de noche, con una velocidad del viento de 2 m/s y alta nubosidad; con estos parámetros el programa estableció que el valor Pasquill o clase de estabilidad es igual a E.

-Concentración máxima permisible de exposición según el índice ERPG-3 y el valor IDLH para el gas cloro.

La concentración de 20 ppm para el valor ERPG-3 y de 30 ppm para el valor IDHL fueron tomadas para la simulación.

-Concentración de interés para determinar a qué distancia es probable tener la nube, y en cuanto tiempo, en caso de ocurrir la descarga del tanque.

**TABLA 26. Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y
dirección del viento (WD), SIMA estación Noreste
Enero- Febrero, 1999**

ESTA0199.002				ESTA0299.002			
DIA	P-WS	P-WD	P-WD	DIA	P-WS	P-WD	P-WD
1-Ene-99	2.117695	139 183	SE	1-Feb-99	3 42795	74.0934	ENE
2-Ene-99	11.33639	110.5243	ESE	2-Feb-99	3.24168	53.1418	NE
3-Ene-99	3.481828	8.085192	N	3-Feb-99	4.96019	94.7438	E
4-Ene-99	4.587232	94.21031	E	4-Feb-99	4.60686	86.3436	E
5-Ene-99	0.755082	57.11035	ENE	5-Feb-99	8.28928	114.301	ESE
6-Ene-99	3.648109	142.8985	SE	6-Feb-99	3 79907	84.4602	E
7-Ene-99	1.810411	352.0735	N	7-Feb-99	3 12148	82.6232	E
8-Ene-99	2.060563	126.536	SE	8-Feb-99	3.81635	49.3068	NE
9-Ene-99	12.01092	358 4945	N	9-Feb-99	4.95535	83.3827	E
10-Ene-99	5.898545	118 5876	ESE	10-Feb-99	6.29471	98 4822	E
11-Ene-99	2.836448	92.14926	E	11-Feb-99	11.2373	17.2446	NNE
12-Ene-99	1.475566	91.49469	E	12-Feb-99	9.76038	22.0018	NNE
13-Ene-99	6.123655	322 987	NNW	13-Feb-99	7.03826	100.546	E
14-Ene-99	5.745995	1.375865	N	14-Feb-99	6.92985	102.586	ESE
15-Ene-99	3.315105	96.63291	E	15-Feb-99	4.41324	102.314	ESE
16-Ene-99	2.354524	117 3055	ESE	16-Feb-99	8.49303	15.9607	NNE
17-Ene-99	2.265575	353.7802	N	17-Feb-99	3.38531	68.8904	ENE
18-Ene-99	4 493698	117.6797	ESE	18-Feb-99	3 73233	20.2572	NNE
19-Ene-99	3.202497	33.14014	NNE	19-Feb-99	6.37743	110.235	ESE
20-Ene-99	-99	-99	N	20-Feb-99	6.41356	18 8705	NNE
21-Ene-99	4.16108	212.8576	SSW	21-Feb-99	6.77317	67 9961	ENE
22-Ene-99	14.62438	327.7966	NNW	22-Feb-99	7.06047	105.73	ESE
23-Ene-99	1 479136	83.50596	E	23-Feb-99	4.45089	81.0838	E
24-Ene-99	4.964666	103 4959	ESE	24-Feb-99	9.63304	112.56	ESE
25-Ene-99	6.18729	95.34792	E	25-Feb-99	4.89255	97.8529	E
26-Ene-99	5.024771	95 93948	E	26-Feb-99	2.96973	85.016	E
27-Ene-99	4 500022	91.23446	E	27-Feb-99	7.09156	351.209	N
28-Ene-99	4.599779	84.20827	E	28-Feb-99	6 8992	102 426	ESE
29-Ene-99	7.513669	4.721756	N				
30-Ene-99	4.087303	99.09756	E				
31-Ene-99	6.526836	99.88143	E				

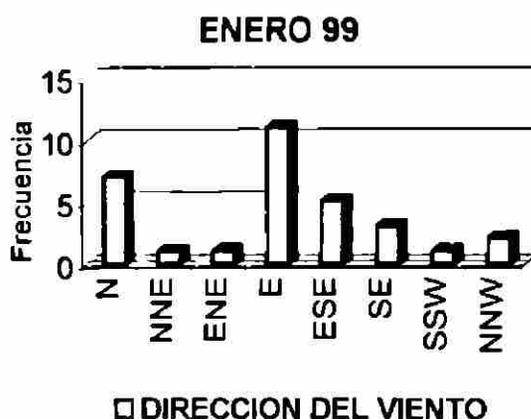
**TABLA 27. Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD), SIMA estación Noreste
Marzo-Abril, 1999**

ESTA0399.002				ESTA0499.002			
DIA	P-WS	P-WD	P-WD	DIA	P-WS	P-WD	P-WD
1-Mar-99	2.976065	108.0534	ESE	1-Abr-99	3.742467	76.99216	ENE
2-Mar-99	7.438158	338.5181	N	2-Abr-99	5.495353	107.0585	ESE
3-Mar-99	11.95766	110.1143	ESE	3-Abr-99	8.060434	97.21962	E
4-Mar-99	8.215601	112.0506	ESE	4-Abr-99	8.904213	107.8612	ESE
5-Mar-99	3.32164	61.30975	ENE	5-Abr-99	6.07195	28.0763	NNE
6-Mar-99	8.735504	99.68228	E	6-Abr-99	12.65843	110.0401	ESE
7-Mar-99	13.1892	111.5814	ESE	7-Abr-99	8.952353	99.76615	E
8-Mar-99	6.156129	89.69411	E	8-Abr-99	6.655445	90.6706	E
9-Mar-99	8.128832	97.56684	E	9-Abr-99	5.770949	60.27551	ENE
10-Mar-99	8.28708	101.2508	ESE	10-Abr-99	5.948107	53.28927	NE
11-Mar-99	7.871528	106.2703	ESE	11-Abr-99	5.411912	113.4182	ESE
12-Mar-99	7.1047	116.3145	ESE	12-Abr-99	11.48341	107.2108	ESE
13-Mar-99	17.30814	6.031209	N	13-Abr-99	10.68486	117.8022	ESE
14-Mar-99	3.79114	73.92536	ENE	14-Abr-99	11.29071	317.5677	NW
15-Mar-99	12.80342	114.3055	ESE	15-Abr-99	11.20297	19.81548	NNE
16-Mar-99	7.824423	111.7461	ESE	16-Abr-99	11.18949	127.4663	SE
17-Mar-99	7.411351	112.4504	ESE	17-Abr-99	14.90879	123.9864	SE
18-Mar-99	6.258854	58.47195	ENE	18-Abr-99	5.80654	90.09147	E
19-Mar-99	8.730772	17.60009	N	19-Abr-99	6.912484	97.9183	E
20-Mar-99	1.618376	165.8038	SSE	20-Abr-99	9.480887	104.6155	ESE
21-Mar-99	8.668552	115.0439	ESE	21-Abr-99	9.777098	111.8535	ESE
22-Mar-99	9.846135	118.423	ESE	22-Abr-99	3.170723	94.69878	E
23-Mar-99	6.549912	94.09504	E	23-Abr-99	7.578355	103.1235	ESE
24-Mar-99	9.724646	99.99805	E	24-Abr-99	8.760106	93.42263	E
25-Mar-99	6.179737	88.63913	E	25-Abr-99	10.92769	110.0112	ESE
26-Mar-99	8.71926	98.14606	E	26-Abr-99	5.421738	348.0135	NNW
27-Mar-99	7.472857	91.89594	E	27-Abr-99	9.673126	112.9084	ESE
28-Mar-99	0.8687768	96.63293	E	28-Abr-99	14.43617	120.8032	ESE
29-Mar-99	9.657308	15.34953	NNE	29-Abr-99	12.76456	105.743	ESE
30-Mar-99	3.366197	77.76693	ENE	30-Abr-99	15.06958	108.7721	ESE
31-Mar-99	8.100801	96.04057	E				

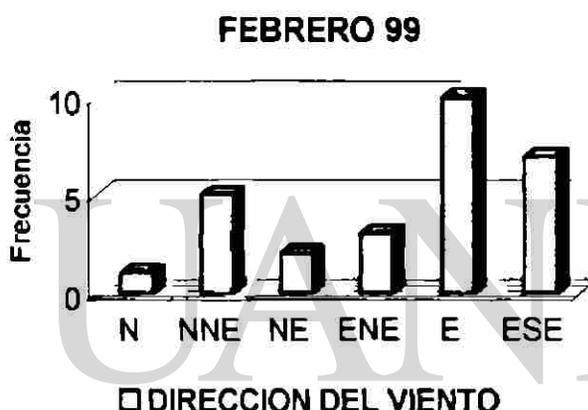
TABLA 28. Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD), SIMA estación Noreste Mayo-Junio, 1999

ESTA0599 002				ESTA0699.002			
DIA	P-WS	P-WD	P-WD	DIA	P-WS	P-WD	P-WD
1-May-99	13.9502	109.6871	ESE	1-Jun-99	12.01328	105.7575	ESE
2-May-99	11.31964	111.8407	ESE	2-Jun-99	13.99651	107.407	ESE
3-May-99	11.44397	114.1847	ESE	3-Jun-99	15.57781	112.5244	ESE
4-May-99	4.127499	147.3845	SE	4-Jun-99	14.48227	112.0117	ESE
5-May-99	12.41287	294.3177	WNW	5-Jun-99	13.5434	114.8255	ESE
6-May-99	6.635835	60.84174	ENE	6-Jun-99	12.98901	116.702	ESE
7-May-99	10.77507	101.8603	ESE	7-Jun-99	11.2358	120.1179	ESE
8-May-99	12.30268	119.295	ESE	8-Jun-99	12.35994	119.6153	ESE
9-May-99	11.14553	114.4183	ESE	9-Jun-99	12.18064	109.9832	ESE
10-May-99	3.753677	355.5853	N	10-Jun-99	12.74559	110.2052	ESE
11-May-99	8.725449	110.2984	ESE	11-Jun-99	12.69354	108.5124	ESE
12-May-99	6.046104	122.4714	ESE	12-Jun-99	14.02969	108.2002	ESE
13-May-99	10.98344	108.0502	ESE	13-Jun-99	8.236654	112.9006	ESE
14-May-99	10.17418	110.914	ESE	14-Jun-99	3.553391	80.35484	E
15-May-99	11.49491	114.4299	ESE	15-Jun-99	3.083037	92.53799	E
16-May-99	11.06805	112.26	ESE	16-Jun-99	6.268332	99.71104	E
17-May-99	7.376157	116.7362	ESE	17-Jun-99	3.213443	78.57001	ENE
18-May-99	6.245999	100.4142	E	18-Jun-99	7.985078	93.6221	E
19-May-99	14.28226	119.1762	ESE	19-Jun-99	11.04188	114.2208	ESE
20-May-99	13.02771	118.4774	ESE	20-Jun-99	11.63614	107.6073	ESE
21-May-99	13.50316	113.3251	ESE	21-Jun-99	10.53231	118.3667	ESE
22-May-99	15.03089	115.208	ESE	22-Jun-99	10.08533	114.2239	ESE
23-May-99	11.30102	105.4058	ESE	23-Jun-99	12.08447	116.7262	ESE
24-May-99	12.70027	120.5291	ESE	24-Jun-99	10.84998	99.14555	E
25-May-99	10.28141	117.6425	ESE	25-Jun-99	9.928525	112.1697	E
26-May-99	9.575156	109.8531	ESE	26-Jun-99	10.1814	110.613	ESE
27-May-99	6.927698	110.966	ESE	27-Jun-99	10.55122	113.664	ESE
28-May-99	10.42115	117.7687	ESE	28-Jun-99	10.30809	110.9732	ESE
29-May-99	10.10167	116.2151	ESE	29-Jun-99	10.14248	104.053	ESE
30-May-99	10.79769	106.1165	ESE	30-Jun-99	10.50041	109.1422	ESE
31-May-99	10.79311	111.2558	ESE				

Ene-99	
X	Y
N	7
NNE	1
ENE	1
E	11
ESE	5
SE	3
SSW	1
NNW	2



Feb-99	
X	Y
N	1
NNE	5
NE	2
ENE	3
E	10
ESE	7



Mar-99	
X	Y
N	3
NNE	1
ENE	4
E	10
ESE	12
SSE	1

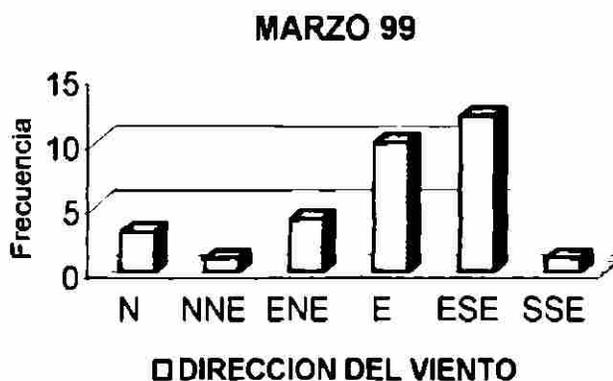
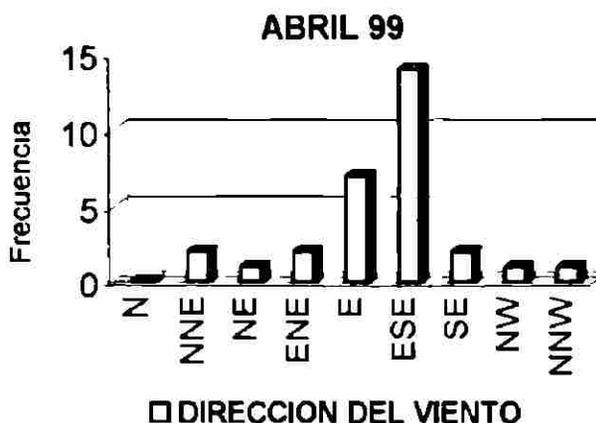
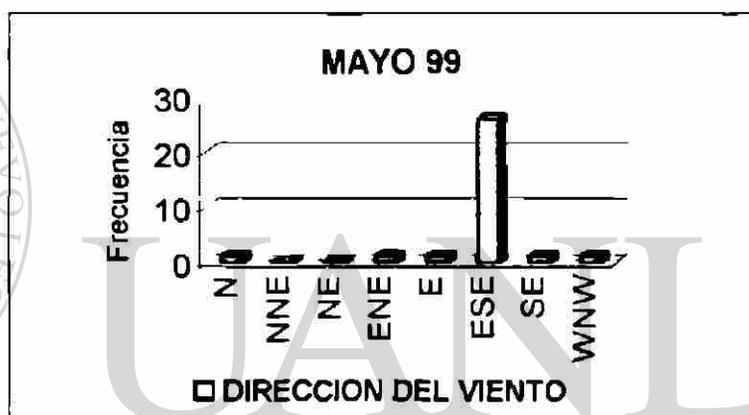


Figura 23. Gráficas de la dirección del viento Enero-Marzo 1999.

Abr-99	
X	Y
N	0
NNE	2
NE	1
ENE	2
E	7
ESE	14
SE	2
NW	1
NNW	1



May-99	
X	Y
N	1
NNE	0
NE	0
ENE	1
E	1
ESE	26
SE	1
WNW	1



Jun-99	
X	Y
N	0
NNE	0
NE	0
ENE	1
E	6
ESE	23
SE	0
WNW	0

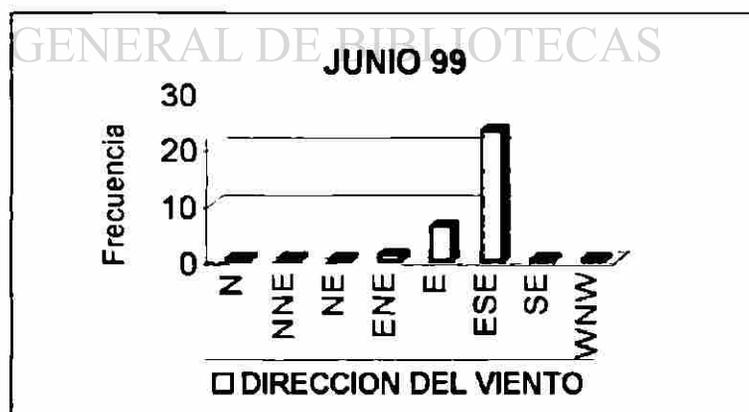


Figura 24. Gráficas de la dirección del viento Abril-Junio 1999.

9.6 Comparación de los resultados del modelado con los estándares de riesgo.

El modelo se utilizó para determinar, bajo las peores circunstancias, la distancia a la cual las concentraciones del cloro liberado pudieran caer sobre el valor estándar para la salud (ERPG-3) en base a las consideraciones hechas en zona o terreno urbano.

Se presentan los resultados obtenidos después de seguir con este procedimiento. Las diferencias en los resultados de la modelación demuestran la manera como afectan los diferentes criterios que se asumieron para hacer los cálculos.

A continuación se presenta la tabla 29 con los resultados de las simulaciones que se realizaron en este trabajo. Las condiciones que se utilizaron para la simulación fueron:

Masa = 1000 kg

Altura = 2 m

Viento = 2 m/s

Radio del recipiente = 0.36m

TABLA 29. Resultados de la simulación de un evento de fuga de cloro gas bajo diferentes condiciones.

Distancia (km)	Concentración (ppm)	Tiempo(h:m:s.)
0.030	8702.85	0:0:15
0.100	712.68	0:0:50
0.150	266.46	0:1:15
0.190	150	0:1:35
0.220	102.74	0:01:50
0.360	30.0	0:02:59
0.420	20.0	0:03:30
1.0	2.29	0:08:20
1.5	0.77	0:12:30
2.0	0.373	0:16:40
7.0	0.020	0:58:20

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

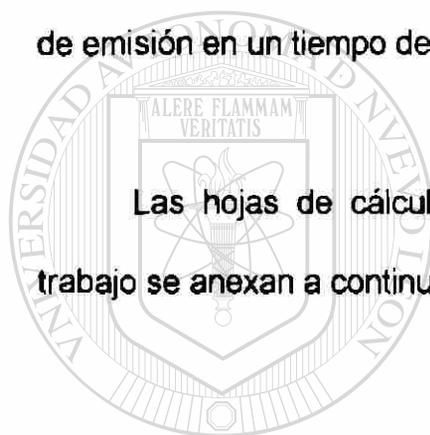
9.6.1 Grado de afectación

Asumiendo que en el peor de los casos ocurrió la fuga de cloro gas, se encontró que a una distancia de 360 metros de la fuente de emisión la concentración calculada fue de 30 ppm, que es el valor al cuál la población puede estar protegida sin riesgo a su vida y salud (IDLH). El tiempo que tarda la nube en recorrer esa distancia es de 2 minutos y 59 segundos.

El valor guía de planeación de respuesta, para casos de emergencia (ERPG-3) en fugas de cloro, es de 20 ppm de concentración. Mediante la simulación se estimó tener este valor a una distancia de 420 m en un tiempo de 3 minutos y 30 segundos.

La concentración mayor a 100 ppm que puede provocar sofocación y muerte para un trabajador se alcanza hasta una distancia de 220 m de la fuente de emisión en un tiempo de 1 minuto y 50 segundos.

Las hojas de cálculo de las simulaciones que se realizaron en este trabajo se anexan a continuación:



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—S—

—sh

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
 Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
 Altura física : 2.00 mts.
 Radio del recipiente : 0.36 mts.
 Velocidad del viento : 2.00 m/s
 Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 19.800 mts.
 Para la Concentración de interés : 30000.000 mg/m3
 su Posición en X es : 0.359 Km.
 en un Tiempo de : 00:02:59 (hh:mm:ss)
 Para la Distancia de interés : 0.030 Km.
 tiene una Concentración de : ***** mg/m3
 en un Tiempo de : 00:00:15 (hh:mm:ss)

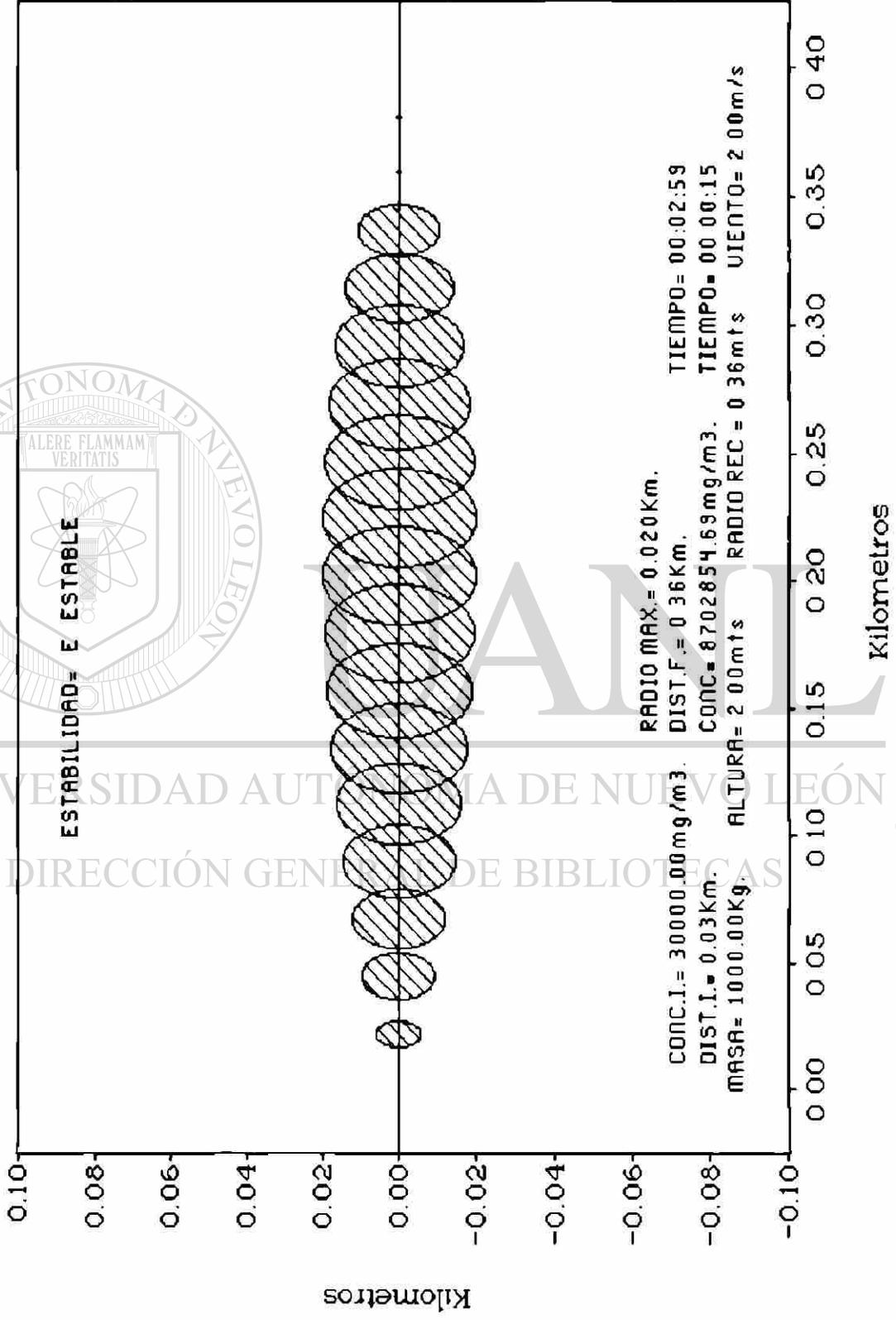
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m3)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.024	*****	6	00:00:11	1.71	1.5
0.048	3708120.22	10	00:00:23	3.16	2.4
0.072	1541689.39	13	00:00:35	4.56	3.3
0.096	790447.96	15	00:00:47	5.91	4.0
0.120	462930.33	17	00:00:59	7.23	4.8
0.144	296644.66	18	00:01:11	8.53	5.5
0.168	202754.79	19	00:01:23	9.82	6.1
0.191	145449.58	20	00:01:35	11.08	6.8
0.215	108334.53	20	00:01:47	12.34	7.4
0.239	83146.70	19	00:01:59	13.58	8.0
0.263	65396.67	18	00:02:11	14.81	8.6
0.287	52493.76	17	00:02:23	16.03	9.1
0.311	42867.26	15	00:02:35	17.25	9.7
0.335	35524.75	11	00:02:47	18.45	10.3
0.359	29816.88	0	00:02:59	19.65	10.8

Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—Scri—

sh

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
 Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
 Altura física : 2.00 mts.
 Radio del recipiente : 0.36 mts.
 Velocidad del viento : 2.00 m/s
 Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

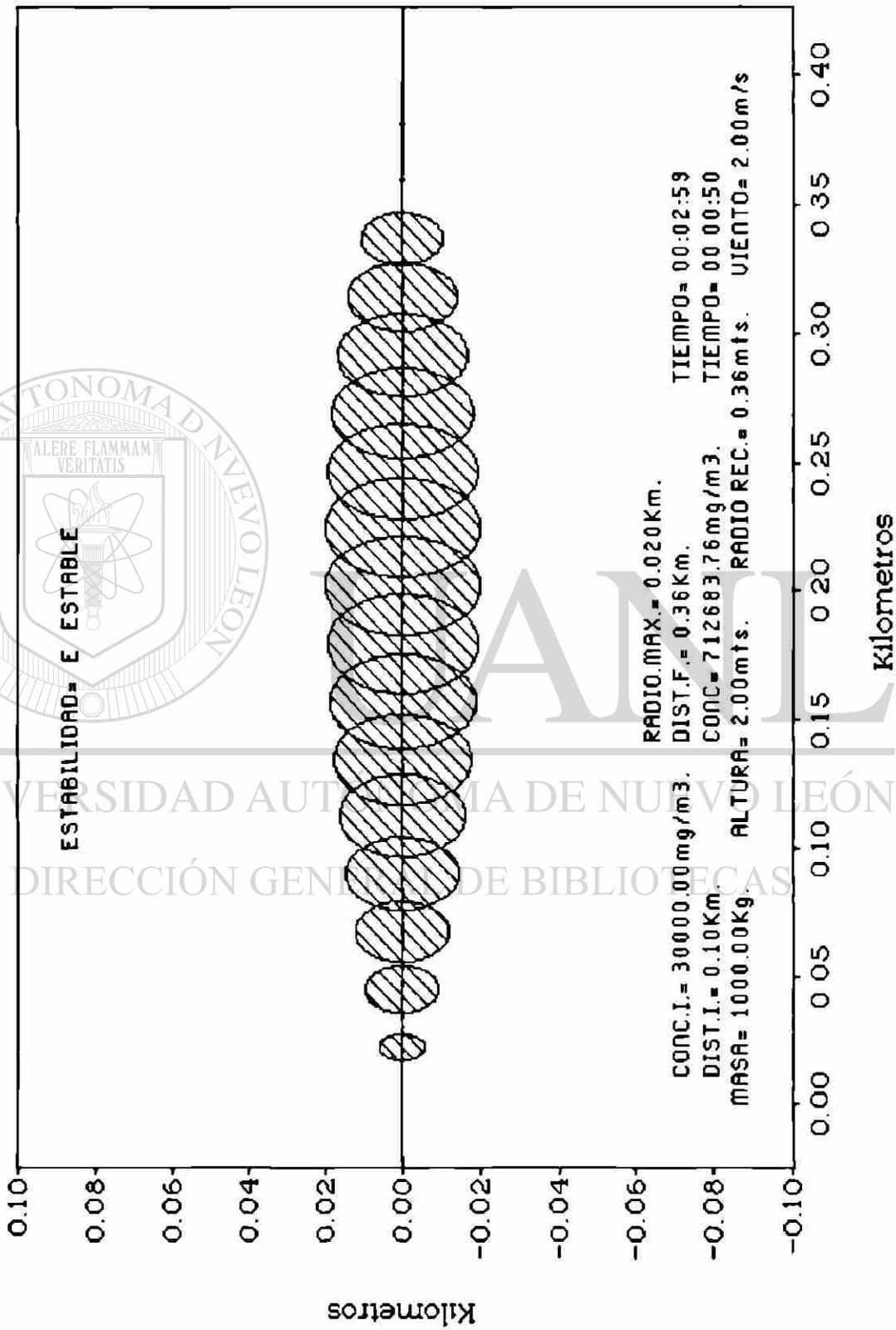
Radio de Isoconcentración máxima : 19.800 mts.
 Para la Concentración de interés : 30000.000 mg/m³
 su Posición en X es : 0.359 Km.
 en un Tiempo de : 00:02:59 (hh:mm:ss)
 Para la Distancia de interés : 0.100 Km.
 tiene una Concentración de : 712683.758 mg/m³
 en un Tiempo de : 00:00:50 (hh:mm:ss)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m ³)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.024	*****	6	00:00:11	1.71	1.5
0.048	3708120.22	10	00:00:23	3.16	2.4
0.072	1541689.39	13	00:00:35	4.56	3.3
0.096	790447.96	15	00:00:47	5.91	4.0
0.120	462930.33	17	00:00:59	7.23	4.8
0.144	296644.66	18	00:01:11	8.53	5.5
0.168	202754.79	19	00:01:23	9.82	6.1
0.191	145449.58	20	00:01:35	11.08	6.8
0.215	108334.53	20	00:01:47	12.34	7.4
0.239	83146.70	19	00:01:59	13.58	8.0
0.263	65396.67	18	00:02:11	14.81	8.6
0.287	52493.76	17	00:02:23	16.03	9.1
0.311	42867.26	15	00:02:35	17.25	9.7
0.335	35524.75	11	00:02:47	18.45	10.3
0.359	29816.88	0	00:02:59	19.65	10.8

Cloro



MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—S—

sh

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
 Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
 Altura física : 2.00 mts.
 Radio del recipiente : 0.36 mts.
 Velocidad del viento : 2.00 m/s
 Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 19.800 mts.
 Para la Concentración de interés : 30000.000 mg/m3
 su Posición en X es : 0.359 Km.
 en un Tiempo de : 00:02:59 (hh:mm:ss)
 Para la Distancia de interés : 0.150 Km.
 tiene una Concentración de : 266466.825 mg/m3
 en un Tiempo de : 00:01:15 (hh:mm:ss)

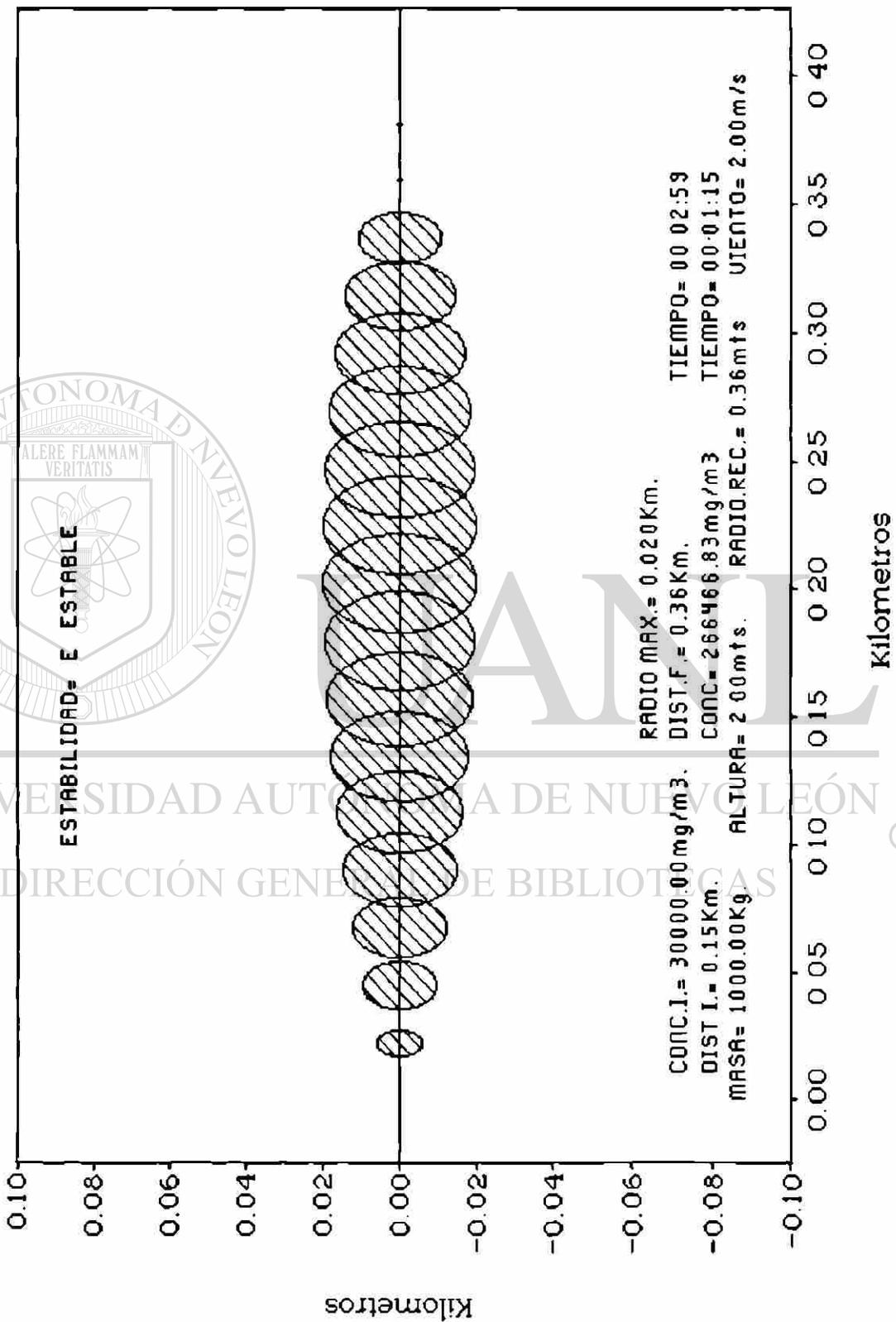
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m3)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.024	*****	6	00:00:11	1.71	1.5
0.048	3708120.22	10	00:00:23	3.16	2.4
0.072	1541689.39	13	00:00:35	4.56	3.3
0.096	790447.96	15	00:00:47	5.91	4.0
0.120	462930.33	17	00:00:59	7.23	4.8
0.144	296644.66	18	00:01:11	8.53	5.5
0.168	202754.79	19	00:01:23	9.82	6.1
0.191	145449.58	20	00:01:35	11.08	6.8
0.215	108334.53	20	00:01:47	12.34	7.4
0.239	83146.70	19	00:01:59	13.58	8.0
0.263	65396.67	18	00:02:11	14.81	8.6
0.287	52493.76	17	00:02:23	16.03	9.1
0.311	42867.26	15	00:02:35	17.25	9.7
0.335	35524.75	11	00:02:47	18.45	10.3
0.359	29816.88	0	00:02:59	19.65	10.8

Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—Scri—

—sh—

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
 Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
 Altura física : 2.00 mts.
 Radio del recipiente : 0.36 mts.
 Velocidad del viento : 2.00 m/s
 Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

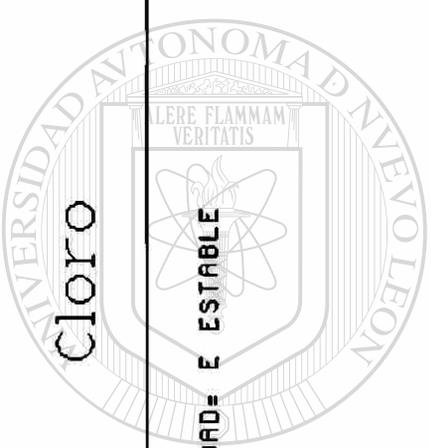
Radio de Isoconcentración máxima : 10.930 mts.
 Para la Concentración de interés : 150000.000 mg/m³
 su Posición en X es : 0.190 Km.
 en un Tiempo de : 00:01:35 (hh:mm:ss)

Para la Distancia de interés : 0.220 Km.
 tiene una Concentración de : 102742.914 mg/m³
 en un Tiempo de : 00:01:50 (hh:mm:ss)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

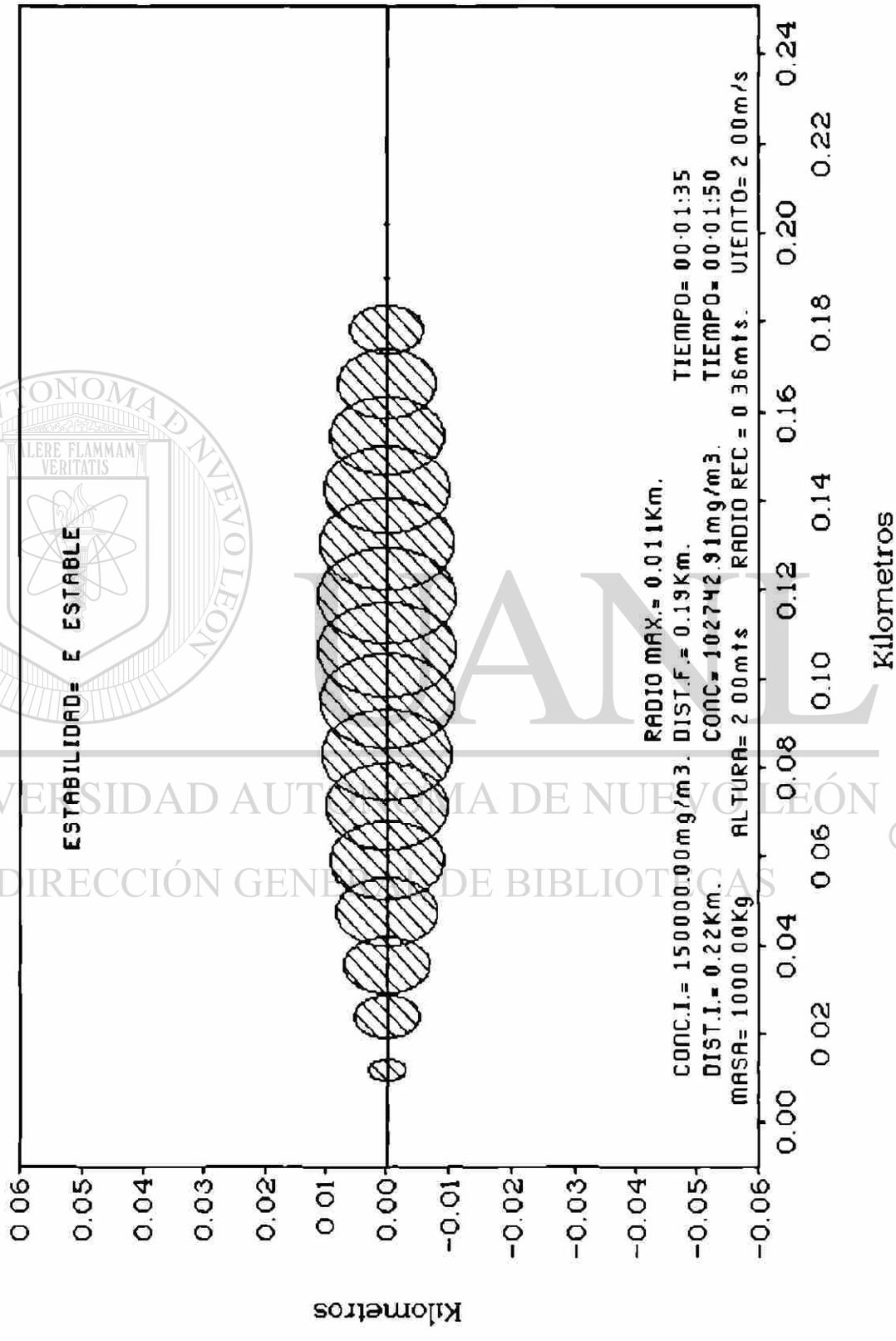
TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m ³)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.013	*****	3	00:00:06	0.98	0.9
0.025	*****	5	00:00:12	1.80	1.5
0.038	5809842.99	7	00:00:19	2.57	2.0
0.051	3298357.11	8	00:00:25	3.33	2.5
0.063	2042140.36	9	00:00:31	4.07	3.0
0.076	1354246.55	10	00:00:37	4.80	3.4
0.089	947091.45	11	00:00:44	5.51	3.8
0.101	690542.30	11	00:00:50	6.22	4.2
0.114	520554.23	11	00:00:56	6.92	4.6
0.127	403217.23	11	00:01:03	7.61	5.0
0.139	319440.28	10	00:01:09	8.30	5.3
0.152	257907.85	9	00:01:15	8.99	5.7
0.165	211615.29	8	00:01:22	9.66	6.0
0.177	176062.97	6	00:01:28	10.34	6.4
0.190	148266.87	0	00:01:34	11.01	6.7



Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—SCRI—

sh

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
 Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
 Altura física : 2.00 mts.
 Radio del recipiente : 0.36 mts.
 Velocidad del viento : 2.00 m/s
 Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 283.260 mts.
 Para la Concentración de interés : 20.060 mg/m³
 su Posición en X es : 7.001 Km.
 en un Tiempo de : 00:58:20 (hh:mm:ss)
 Para la Distancia de interés : 0.420 Km.
 tiene una Concentración de : 20003.358 mg/m³
 en un Tiempo de : 00:03:30 (hh:mm:ss)

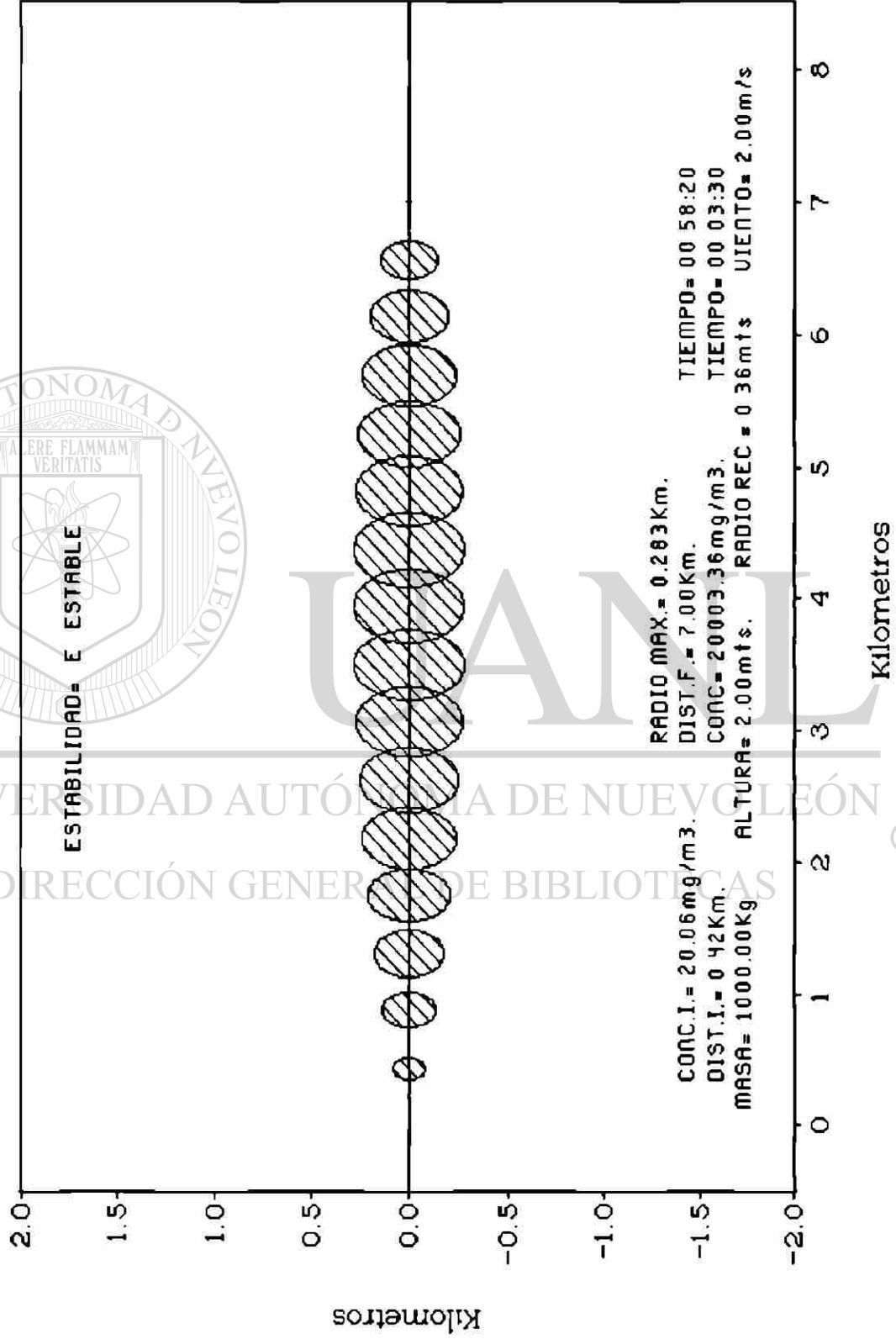
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc.(mg/m ³)	Radio Isoc.(m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.467	15287.41	91	00:03:53	24.96	13.1
0.933	2595.62	147	00:07:46	46.99	22.0
1.400	921.54	188	00:11:40	68.05	29.6
1.867	442.91	220	00:15:33	88.51	36.5
2.334	255.98	245	00:19:26	108.52	42.0
2.800	165.20	263	00:23:20	128.19	46.7
3.267	114.75	276	00:27:13	147.58	50.7
3.734	83.99	282	00:31:06	166.73	54.3
4.201	63.95	283	00:35:00	185.68	57.5
4.667	50.20	277	00:38:53	204.45	60.4
5.134	40.39	264	00:42:47	223.05	63.1
5.601	33.15	242	00:46:40	241.51	65.6
6.068	27.66	208	00:50:33	259.84	67.9
6.534	23.41	155	00:54:27	278.05	70.1

Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—SCRI—

—sh—

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
 Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
 Altura física : 2.00 mts.
 Radio del recipiente : 0.36 mts.
 Velocidad del viento : 2.00 m/s
 Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

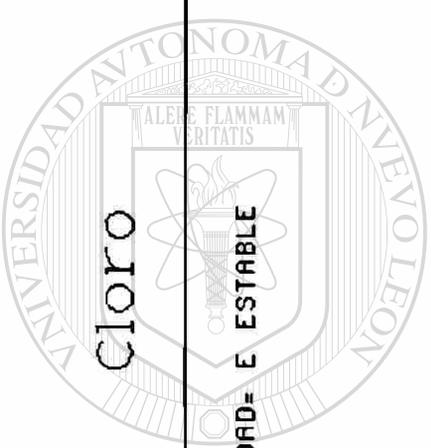
R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 283.260 mts.
 Para la Concentración de interés : 20.060 mg/m³
 su Posición en X es : 7.001 Km.
 en un Tiempo de : 00:58:20 (hh:mm:ss)
 Para la Distancia de interés : 1.000 Km.
 tiene una Concentración de : 2292.427 mg/m³
 en un Tiempo de : 00:08:20 (hh:mm:ss)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

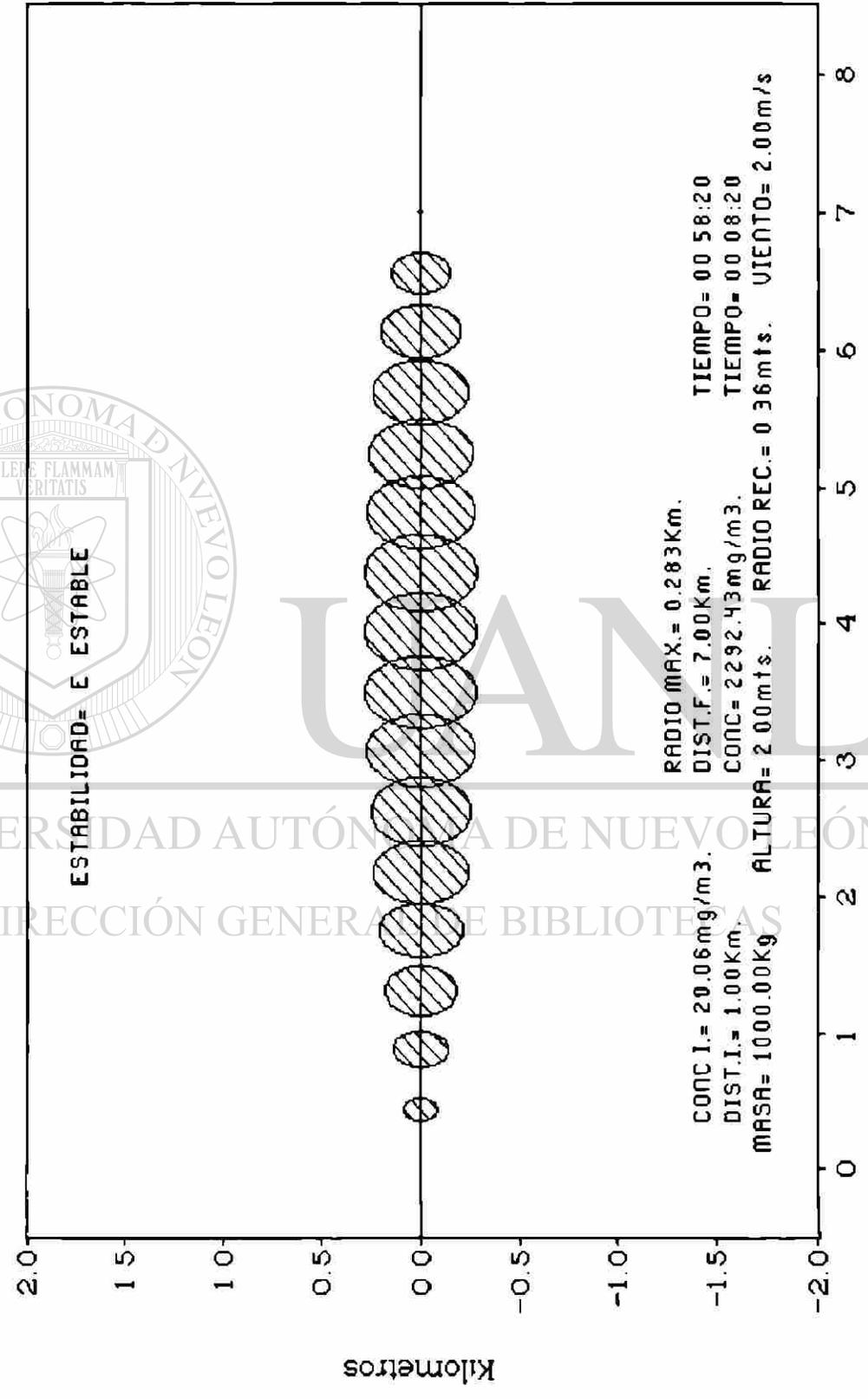
TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m ³)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.467	15287.41	91	00:03:53	24.96	13.1
0.933	2595.62	147	00:07:46	46.99	22.0
1.400	921.54	188	00:11:40	68.05	29.6
1.867	442.91	220	00:15:33	88.51	36.5
2.334	255.98	245	00:19:26	108.52	42.0
2.800	165.20	263	00:23:20	128.19	46.7
3.267	114.75	276	00:27:13	147.58	50.7
3.734	83.99	282	00:31:06	166.73	54.3
4.201	63.95	283	00:35:00	185.68	57.5
4.667	50.20	277	00:38:53	204.45	60.4
5.134	40.39	264	00:42:47	223.05	63.1
5.601	33.15	242	00:46:40	241.51	65.6
6.068	27.66	208	00:50:33	259.84	67.9
6.534	23.41	155	00:54:27	278.05	70.1



Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



Kilometros

MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—SCRI—

sh

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
Altura física : 2.00 mts.
Radio del recipiente : 0.36 mts.

Velocidad del viento : 2.00 m/s
Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 283.260 mts.
Para la Concentración de interés : 20.060 mg/m³
su Posición en X es : 7.001 Km.
en un Tiempo de : 00:58:20 (hh:mm:ss)

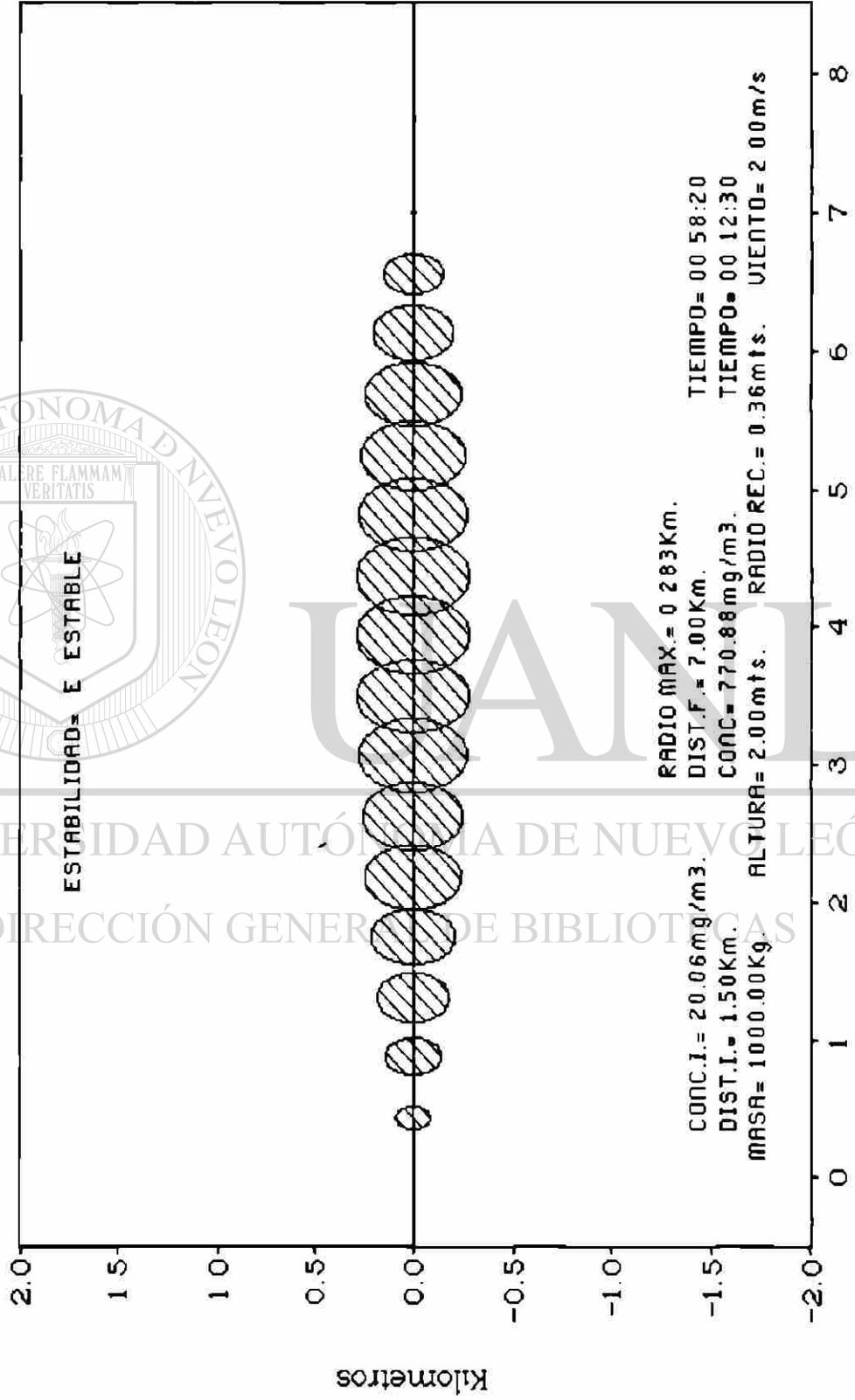
Para la Distancia de interés : 1.500 Km.
tiene una Concentración de : 770.878 mg/m³
en un Tiempo de : 00:12:30 (hh:mm:ss)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m ³)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.467	15287.41	91	00:03:53	24.96	13.1
0.933	2595.62	147	00:07:46	46.99	22.0
1.400	921.54	188	00:11:40	68.05	29.6
1.867	442.91	220	00:15:33	88.51	36.5
2.334	255.98	245	00:19:26	108.52	42.0
2.800	165.20	263	00:23:20	128.19	46.7
3.267	114.75	276	00:27:13	147.58	50.7
3.734	83.99	282	00:31:06	166.73	54.3
4.201	63.95	283	00:35:00	185.68	57.5
4.667	50.20	277	00:38:53	204.45	60.4
5.134	40.39	264	00:42:47	223.05	63.1
5.601	33.15	242	00:46:40	241.51	65.6
6.068	27.66	208	00:50:33	259.84	67.9
6.534	23.41	155	00:54:27	278.05	70.1

Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.
ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

SCRI

sh

Fecha : 28/08/99

Nombre del contaminante : Cloro
Lugar de emisión : AIMSU

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.
Altura física : 2.00 mts.
Radio del recipiente : 0.36 mts.

Velocidad del viento : 2.00 m/s
Clase de estabilidad : E (ESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 283.260 mts.
Para la Concentración de interés : 20.060 mg/m3
su Posición en X es : 7.001 Km.
en un Tiempo de : 00:58:20 (hh:mm:ss)

Para la Distancia de interés : 2.000 Km.
tiene una Concentración de : 373.374 mg/m3
en un Tiempo de : 00:16:40 (hh:mm:ss)

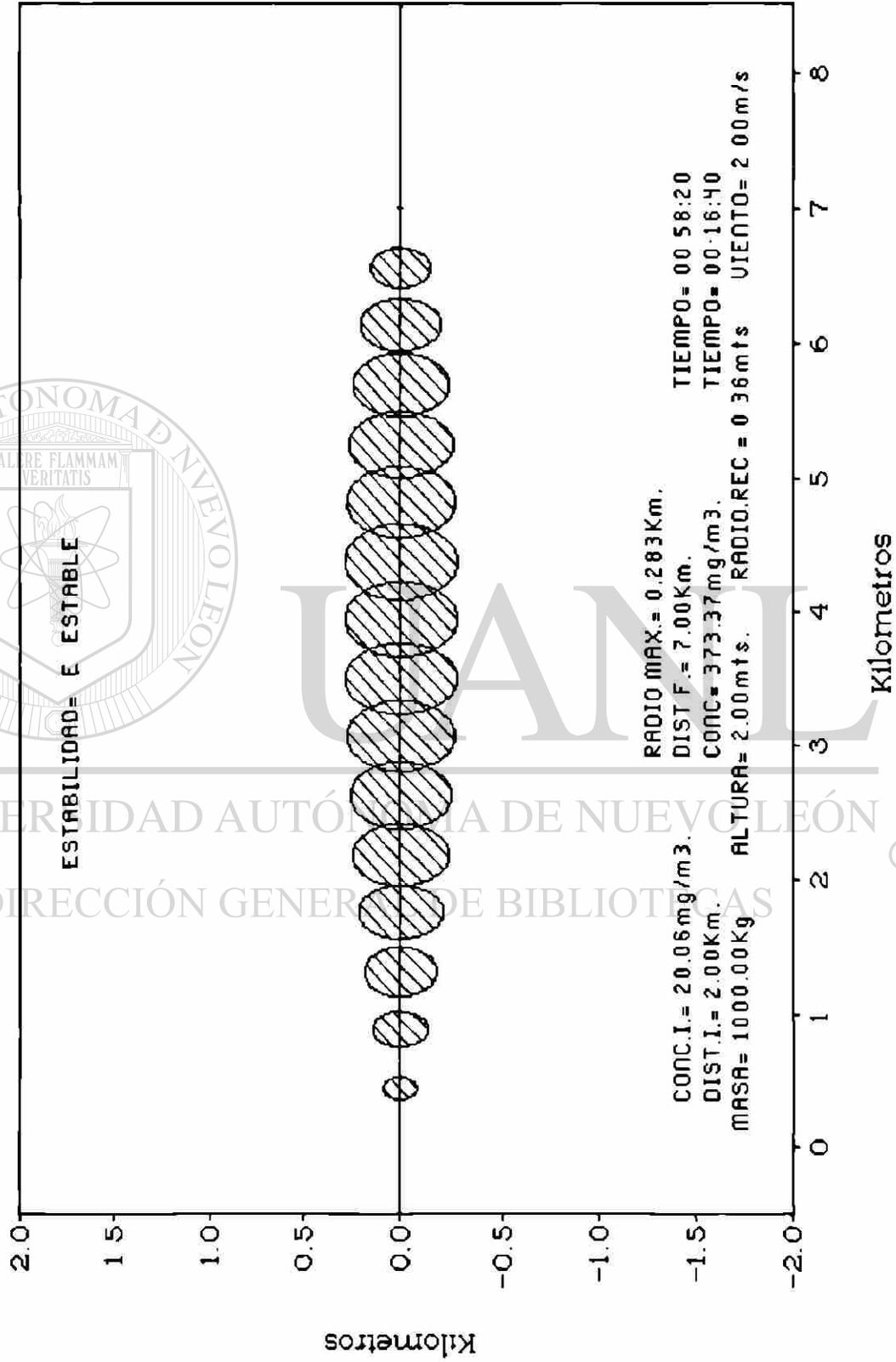
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m3)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.467	15287.41	91	00:03:53	24.96	13.1
0.933	2595.62	147	00:07:46	46.99	22.0
1.400	921.54	188	00:11:40	68.05	29.6
1.867	442.91	220	00:15:33	88.51	36.5
2.334	255.98	245	00:19:26	108.52	42.0
2.800	165.20	263	00:23:20	128.19	46.7
3.267	114.75	276	00:27:13	147.58	50.7
3.734	83.99	282	00:31:06	166.73	54.3
4.201	63.95	283	00:35:00	185.68	57.5
4.667	50.20	277	00:38:53	204.45	60.4
5.134	40.39	264	00:42:47	223.05	63.1
5.601	33.15	242	00:46:40	241.51	65.6
6.068	27.66	208	00:50:33	259.84	67.9
6.534	23.41	155	00:54:27	278.05	70.1

Cloro

ESTABILIDAD= E ESTABLE



CAPITULO 10

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo descrito fue enfocado al análisis y evaluación de riesgos de un cilindro de cloro gas en una planta tratadora de agua residual. Este tipo de tanques son típicos y representativos de los que se utilizan en diversos procesos donde se utiliza el cloro gas, por lo que el método de ejecución y su capacidad de aplicación puede utilizarse para evaluar el riesgo en cualquier tipo de planta o industria en donde se tenga este tipo de instalación.

Los métodos para evaluar Riesgos Ambientales son herramientas útiles para la identificación de causas potenciales de accidentes que nos ayudan a determinar de manera cualitativa o cuantitativa el riesgo que representan en el proceso, en la población y en el medio ambiente.

El conocimiento y la aplicación del método ¿Qué pasa si?, combinado con el método de Operatividad y Riesgos, ayudaron en la realización de un análisis más detallado y ordenado del proceso evaluado. Sin embargo, existe un grado de dificultad inherente en la aplicación de estos métodos pues se requiere de juicio y criterio, así como de una visión meticulosa, a fin de

considerar todos los factores importantes en un estudio de esta naturaleza.

El utilizar una matriz de 4x4 para evaluar el factor de riesgo ayudó a clasificar las posibles causas de accidentes en base a la frecuencia y a la severidad con un intervalo más amplio, lo que permitió valorar en forma más gradual cada una de las situaciones evaluadas. Esto último permitió evitar que algunas causas potenciales de accidentes se clasificaran como de alto riesgo maximizando sus efectos y que algunas otras situaciones se minimizaran con un valor en el factor de riesgo más pequeños de lo real.

Las conclusiones acerca de los resultados numéricos de este trabajo junto con sus recomendaciones se presentan enseguida.

La distancia determinada con el simulador, para el caso cuando se cumple el valor guía de respuesta en caso de emergencia (ERPG-3 = 20 ppm) fué de 420 metros; por otro lado, la distancia para el caso en que se cumple con el índice de daños inmediatos a la vida y la salud (IDLH = 30 ppm) fue de 360 metros. Los dos resultados dados indican que cualquier persona que se encuentre más cerca de cualquiera de estas distancias puede resultar dañada o poner en riesgo su vida.

Se recomienda que el personal que labora más cerca del área del dosificador sea capacitada para actuar en situaciones de emergencia, conozca la ruta de evacuación y cuente con el equipo adecuado de protección. De todas

maneras, este trabajo permitió corroborar que el sensor de cloro en el área de dosificación puede cumplir con su función de ayuda al personal, al responder a tiempo y de manera adecuada la alarma en el caso de una fuga de cloro.

La zona que se predice resultará más seriamente afectada será la que se encuentra hacia el Suroeste (SW) del tanque de cloro, en los meses de Enero y Febrero, y hacia el Oeste-Noroeste (WNW) en los meses de Marzo a Abril. Ello depende de la dominancia de los vientos, lo cuál es función de la estación del año.

En la planta, si los vientos vienen del ESE, la zona afectada será en donde se encuentran los clarificadores secundarios, el tanque de almacenamiento y la casa de bombas. En la zona habitacional el área dañada abarcará la parte más cercana de la colonia Las Puentes.

Si los vientos vienen del NE la zona afectada será hacia el SW donde se encuentran los clarificadores primarios, los reactores, la bomba de lodos de retorno, las oficinas generales y la caseta de vigilancia. En la zona habitacional el área dañada abarcará la parte más cercana de la colonia Arboledas de San Jorge. La zona de afectación se puede observar en la figura 25 que corresponde a la vista en planta de AIMSU y a la figura 26 que ilustra el plano de la zona de San Nicolás de los Garza donde está localizada la planta.

Una recomendación que puede ayudar a disminuir el valor de riesgo que

representa la instalación de un tanque de cloro gas de 1 tonelada sería el de sustituirlo por cilindros de menor capacidad de almacenaje pero con un mayor grado de pureza, a fin de dosificar una menor cantidad de cloro y tener disminuido y controlado el riesgo.

Otra recomendación es la de elaborar un Plan de Contingencia para los que laboran en la planta, los vecinos y las autoridades civiles del lugar, considerando los siguientes aspectos:

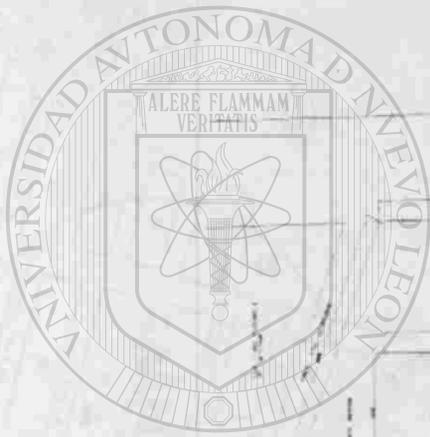
a) Establecer un plan de acción claramente definido que ayude a eliminar la confusión durante el período de crisis.

b) Establecer sistemas de alarma en línea directa con los bomberos u otros cuerpos de emergencia pública.

c) Identificar y señalar las rutas de evacuación en caso de emergencia.

d) Capacitar al personal en el manejo del cloro y en el uso permanente del equipo adecuado de seguridad que se requiere para su protección.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

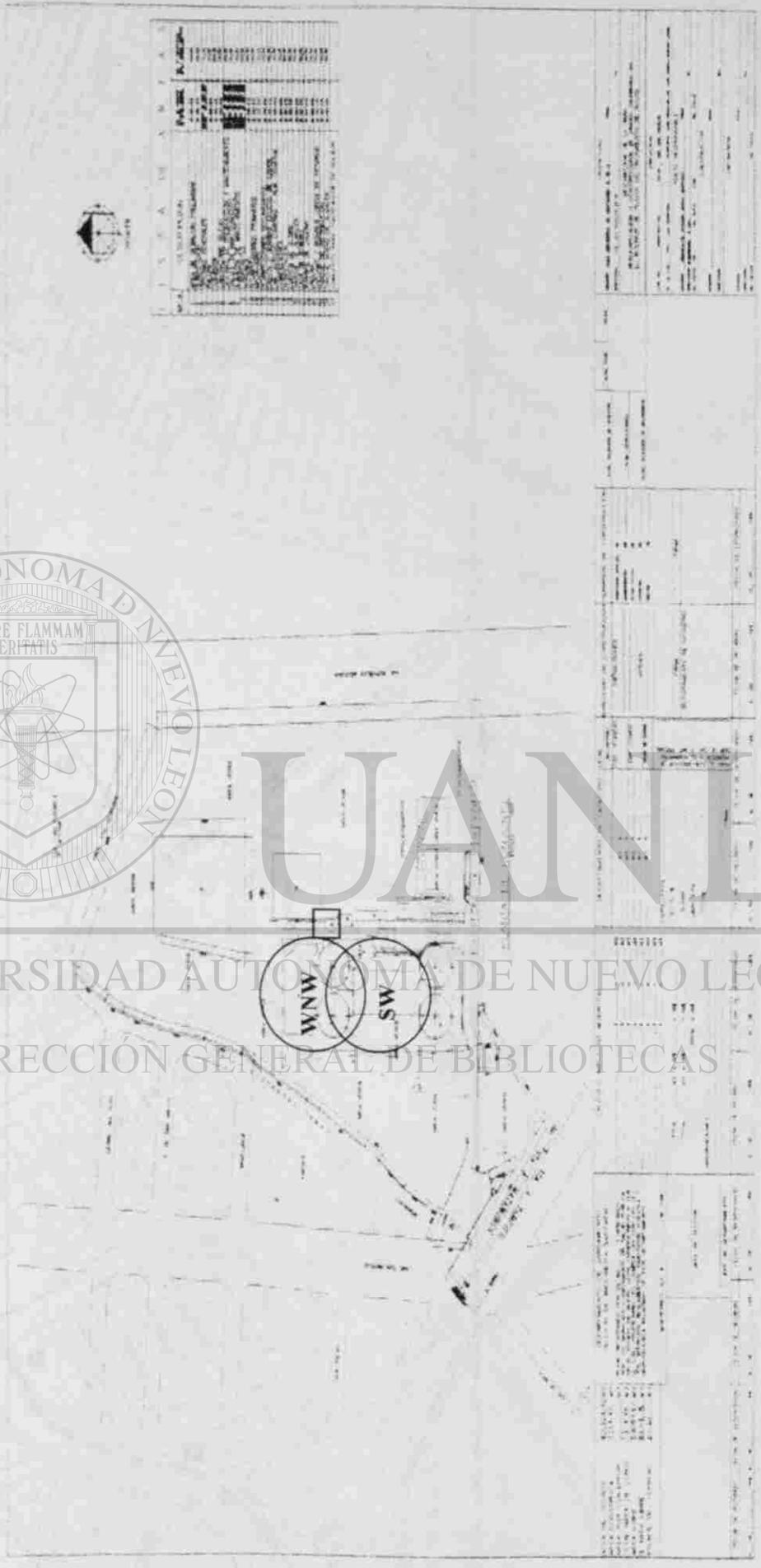


Figura 25 Vista en planta de Agua Industrial de Monterrey con Zona de Afectación.



Figura 26 Vista Plano de San Nicolás con Zona de Afectación

BIBLIOGRAFIA

1. Manuara L., la Diosina de Seveso, en Leonardi, A., La difesa della salute Mondador A (Ed), Italia Nostra, Milano, 1978. Comisión de las Comunidades Europeas. COM(94), Bruselas, 26/01/94. 94/0014 (SYN), cit por Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo.(1994), Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, p 14.
2. Zeballos, J.L.(1993). Los desastres químicos, capacidad de respuesta de los países en vías de desarrollo. Organización Panamericana de Salud, Washington, D.C., EUA., cit por Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo.(1994) Instituto Nacional de Ecología, . SEDESOL, p 6. ®
3. L.Y. Landesman, R.B. Leonard. SARA three years later: Emergency Physician's Knowledge. Prehospital and Disaster Medicine 8:39-44, 1993, cit por Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo.(1994) Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, p.45.

4. K. Lundy. Looking on the dark side. Resources, the magazine of environmental management, Vol. 16 No. 2:3-4, 1994 cit por Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo.(1994) Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, p.46.

5. SEDESOL (1994), Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.53.

6. Núñez E., Joyner A., Vicenteño D., Sánchez A., Jiménez G., "Explota fábrica en el D.F, hay 39 lesionados". Pag. 3A .Periódico *El Norte* Miércoles 8 de Mayo de 1996, Año LVIII / Num. 20990.

7. Cortinas de Nava, C., (1994), Contexto Internacional, Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.5-6.

8. Cortinas de Nava , C.(1994), Directiva de la Unión Europea concerniente a los riesgos de accidentes mayores en determinadas actividades industriales. Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo., Instituto Nacional de Ecología, p.13-19.

9. Cortinas de Nava, C. (1994), Programa Decisiones y Lineamientos de la OCDE sobre accidentes. Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.27.

9. SEDESOL (1994), Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.9 y 33.

11. SEDESOL (1994), Contexto Nacional, Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.67-70.

12. SEDESOL (1995) Programa de Prevención de Accidentes, Curso Regional de Capacitación, Instituto Nacional de Ecología p.6

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

13. Centro Nacional de Prevención de Desastres.(1994) Fascículo 6, Riesgos Químicos, Sistema Nacional de Protección Civil, Secretaría de Gobernación.

14. Internet, www.publications/monographs/monos/risk_04 (1995)

14. Garrison, W.G. "100 large losses: A thirty year review of property damage losses in the Hydrocarbon Chemical Industries" cit por M&M Protection Consultants, 222 South Riverside Plaza, Chicago, Il. 60606, E.U. (1988)
15. Borrego C, Conceicao M, Martins J.M. Risk Managment and Prevention of Industrial Accidents in Portugal: Introduction of Environmental Considerations. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidad de Aveiro Portugal 3800 Aveiro.
16. Rivapalacio Chiang S., Pérez Torres C., Castañón Boussart N. (1994) Riesgo Ambiental, Prevención y preparación de la respuesta en caso de Accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.82-85
-
17. SEDESOL (1994), Marco Jurídico e Institucional, Prevención y Preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.71.
18. SEDESOL (1994), Impacto, Riesgo, Verificación Normativa y Auditoría Ambiental, Prevención y preparación de la respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo, Instituto Nacional de Ecología, p.75.

19. Center for Chemical Process Safety (1985) Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. American Institute of Chemical Engineers. p.51-92

21 Seeley L. Shah Jatin N. The use of a level 2 Quantitative Risk Assessment Study to Optimize Resources - DNV Technia , Inc. 355 East Campus View Blvd., Suite 170, Columbus, Ohio 43235.

22. Kletz, Trevor A (1986) "Hazop and HAZAN", 2a.Ed., The Institution of Chemical Engineers, Rugby, Inglaterra.

23. Center for Chemical Process Safety (CCPS) (1989). "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis" publicado por CCPS, American Institute of Chemical Engineers, 345 East 47th Street, New York, NY.

24. Entrevista personal con Sami Atallah. "Análisis de Riesgo". Director de Risk & Industrial Safety Consultants, Inc. 2101 Oxford Court Des Plaines, IL 60018, U.S.A., celebrada en Monterrey N.L., México, 15/02/96.

25 AEA Safety and Reliability Consultants, "Mayor Hazard Incident Database
Service: MHIDAS ". SRD, United Kingdom Atomic Energy
Authority, Wigshaw Lane, Culceth, Cheshire WA3 4EN, Inglaterra.

26. TNO, "Database for Industrial Safety Accident Abstracts:
FACTS", TNO/Department of Industrial Safety, Apeldoorn, Holanda.

27. AIHA (1989) Emergency Response Planning Guideline Committee,
"Emergency Response Planning Guidelines, "American Industrial
Hygiene Association, Akron, OH (1989).

28. NIOSH (1990) "Pocket Guide to Chemical Hazards", US Department
of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for

Disease Control, National Institute for Occupational Safety and
Health, US Government Printing Office, Washington, DC 20402. ®

29 U.S. Atomic Energy Commission (1974), "Reactor Safety Study: An
Assessment of Accident Risks in U.S. Comercial Nuclear Power
Plants: Appendix III, Failure Data", WHAS-1400 , Washington, D.C.

30. Green A.E., A.J. Bourne (1977), "Reliability Technology", John Wiley and
Sons, New York.

31. OREDA (1984) "Offshore Reliability Data", publicado por OREDA
Participantes, disponible de OREDA, P.O. Box 370, N - 1322 Hovik,
Noruega.

32. Center for Chemical Process Safety (CCPS) (1989) "Guidelines for
Process Equipment Reliability Data", publicado por CCPS, American
Institute of Chemical Engineers, 345 East 47th Street, New York, NY
10017.

33. DNV Technia (1992), Ltd., "World Bank Hazard Analysis (WHAZAN)
Software and Users Guide", Versión 2.0, disponible de DNV Technia,
Ltd., Lynton House, 7/12 Tavistock Square, London, WC 1H 9 LT,
Inglaterra.

34. United States Federal Emergency Management Agency, (sin fecha)
"Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures", y el programa
ARCHIE. Publicado por Federal Emergency Management Agency,
Washington, DC.

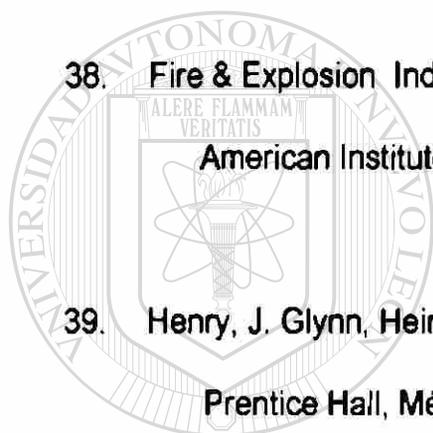
35. Arthur D. Little, Inc. (1991), "Enhanced Chemical Hazard Evaluation
Methodologies (CHEMS-PLUS) and User Guide, "Versión 2.0,
disponible de Arthur D. Little, Inc. 20 Acorn Park, Cambridge, MA
02140, USA

36 DNV Technia, Intl.(1991), "PHAST: Process Hazard Analysis Software Tool", Versión 4, disponible de DNV Technia, Inc, 40925 Country Center Drive, Suite 200, Temecula, CA 92591, USA.

37. Arthur D. Little, Inc.(1991), "SUPER-CHEMS" Versión 2.0, disponible de Arthur D. Little, Inc.,20 Acom Park, Cambridge, MA 02140, USA.

38. Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide, 5th & 6th Edition, American Institute of Chemical Engineers, N.Y., 10017 AICHE.

39. Henry, J. Glynn, Heinke, Gary W. (1999) Ingeniería Ambiental, Editorial Prentice Hall, México, p. 405-406.



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

40. Sistemas Heurísticos, S.A. de C.V. (1993). Modelos Atmosféricos para Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias. Manual de referencia Versión 2.0.

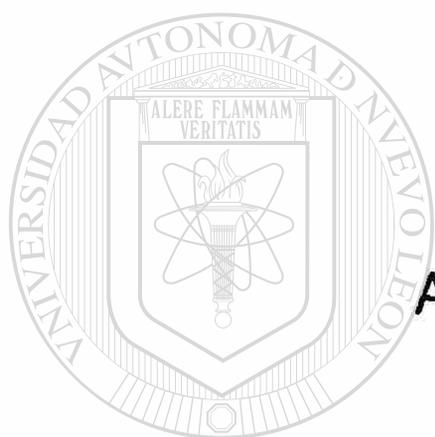
41. Agua Industrial de Monterrey, S. de U. (1997). El Reuso de las Aguas Residuales Municipales Tratadas en el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México, p. 9.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

-Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de America Latina y el Caribe
(1991). Nuestra Propia Agenda sobre Desarrollo y Medio Ambiente
de America Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo
(BID), Fondo de Cultura Económica (FCE), Programa de Naciones
Unidas para el Desarrollo (PNUD)

-Diario Oficial de la Federación(1995) Secretaría de Hacienda y Crédito
Público, decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de
Desarrollo 1995-2000. Publicado el miércoles 31 de Mayo de
1995, pags. 1-96.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APENDICES

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

APENDICE A

Guía para la Elaboración del Informe Preliminar de Riesgo

I.-DATOS GENERALES:

(Escriba la información solicitada de manera legible y sin abreviaturas, en caso de estar involucrados varios departamentos en el plan o proyecto, anótelos e indique cuál es el responsable).

I.1 Nombre de la empresa u Organismo

I.2 Registro Federal de Causante de la Empresa

I.3 Objeto de la Empresa u Organismo

I.4 Cámara o Asociación a la que pertenece

I.4.1 Número de Registro de la Cámara o Asociación

I.4.2 Fecha

I.5 Instrumento Jurídico mediante el cual se constituyó la empresa u organismo (escritura pública, decreto de creación, etc.)

I.6 Departamento Proponente

I.6.1 Domicilio para oír y recibir notificaciones

Estado _____

Ciudad _____

Municipio _____

Localidad _____

Código Postal _____

Teléfono _____

I.6.2 Nombre completo de la persona responsable del estudio.

Anexar comprobante que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.

I.6.3 Puesto

I.6.4 Instrumento jurídico mediante el cual se concede poder suficiente al responsable para suscribir el presente documento (mandato, nombramiento, etc.). Anexar comprobante.

I.6.5 Firma del responsable bajo protesta de decir verdad

II.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PLAN O PROYECTO

(Proporcione información en forma concisa y breve, anexe información en hojas adicionales si es necesario. Cuando la localización del predio sea fácilmente identificable, no es necesario indicar las coordenadas en el punto II.2.1)

II.1 Nombre del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto (descripción general, capacidad proyectada, inversión, vida útil).

II.1.2 Planes de crecimiento futuro

II.2 Ubicación del proyecto

Estado _____ Municipio _____ Localidad _____

Anexe planos de localización, marcando puntos importantes de interés cercanos al plan o proyecto, la escala de plano puede ser 1:20 000, 1:25 000 en la microregión y 1: 100 000 en la región.

II.2.1 Coordenadas del predio

II.2.2 Describir las colindancias del predio y los usos del suelo en un radio de 200 metros en su entorno, anotando los datos pertinentes del registro público de la propiedad correspondiente.

II.2.3 Superficie Total _____ (m²) Requerida _____ (m²)

II.2.4 Origen Legal del predio (compra, venta, concesión, expropiación, arrendamiento, etc.).

II.2.5 Descripción de acceso (marítimo, terrestres y/o aéreos).

II.2.6 Infraestructura necesaria (actual y proyectada)

II.3 Actividades conexas (industriales, comerciales, y de servicios).

II.4 Lineamiento y programas de contratación de personal

II.5 Programas de capacitación y adiestramiento de personal

II.6 Especifique si cuentan con otras autorizaciones oficiales para realizar la actividad propuesta (licencia de funcionamiento, permiso de uso de suelo, etc.). Anexar comprobantes.

III.- ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO

(Describa el sitio seleccionado para la realización del proyecto, bajo los siguientes parámetros, conteste de manera afirmativa o negativa y especifique los elementos relevantes en su caso).

III.1 ¿Es una zona de cualidades estéticas únicas o excepcionales?
(por ejemplo, miradores sobre paisajes costeros naturales)

III.2 ¿Es o se encuentra cercano a una zona donde hay hacinamiento?

III.3 ¿Es o se encuentra cercano a un recurso acuático?

III.4 ¿Es o se encuentra cercano a un lugar o zona de atracción turística?

III.5 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de recreo?

III.6 ¿Es o se encuentra cercano a zonas que se reservan o debieran reservarse para hábitat de fauna silvestre?

III.7 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de especies acuáticas?

III.8 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de ecosistemas excepcionales?

III.9 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de centros culturales, religiosos o históricos del país?

III.10 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de parajes para fines educativos (por ejemplo: zonas ricas en características geológicas o arqueológicas)?

III.11 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de pesquerías comerciales?

III.12 ¿Se están evaluando otros sitios donde sería posible establecer el proyecto?

¿ Cuáles son?

III.13 ¿Se encuentra incluido el sitio seleccionado para el proyecto en un programa de planificación adecuado o aplicable (por ejemplo: el plan de ordenamiento ecológico del área)?

III.14 ¿Qué actividades se desarrollan dentro de un radio aproximado de 10 Km. del área del proyecto?

() Tierras cultivables

() Bosques

() Actividades Industriales (incluidas minas)

- Actividades comerciales o de negocios
- Centros urbanos
- Núcleos residenciales
- Centros rurales
- Zona de uso restringido (por motivos culturales, históricos, arqueológicos o reservas ecológicas)
- Cuerpos de agua

III.15 ¿Está el lugar ubicado en una zona susceptible a:

- Terremotos (Sismicidad)
- Corrimientos de tierra
- Derrumbamientos o hundimientos
- Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)
- Inundaciones (historial de 10 años, promedio anual de precipitaciones pluvial)
- Pérdidas de suelo debido a la erosión
- Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión.
- Riesgos radiológicos

III.16 ¿Ha habido informes sobre contaminación del aire, de las aguas o por residuos sólidos debido a otras actividades en la zona del proyecto?
Describir.

III.17 ¿Existirán durante las etapas de construcción y operación del proyecto, niveles de ruido que pudieran afectar a las poblaciones cercanas a él?

III.18 ¿Existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto?

III.19 ¿Existen especies animales, vegetales, (terrestre o acuáticas) en peligro de extinción o únicas, dentro del área del proyecto?

III.20 ¿Existirá alguna afectación a los hábitats presentes?
Describa en términos de su composición biológica, física y su grado actual de degradación.

III.21 ¿Es la economía del área exclusivamente de subsistencia?

III.22 ¿Cuál es el ingreso medio anual per capita de los habitantes del área del proyecto (en un radio de 10 Km.) en relación con el resto del país?
Describa también los aspectos demográficos y socioeconómicos del área de interés.

III.23 ¿Crearé el proyecto una demanda excesiva de:

- () Fuerza de trabajo de la localidad?
- () Servicios para la comunidad (vivienda y servicios en general)
- () Sistema de servicios públicos y de comunicaciones?
- () Instalaciones o servicios de eliminación de residuos?
- () Materiales de Construcción?

III 24 ¿Cortará o aislará sectores de núcleos urbanos, vecindarios (barrios o distritos) o zonas étnicas o creará barreras que obstaculicen la cohesión y continuidad cultural de vecindarios?

III 25 ¿Además de los equipos de control de la contaminación del suelo, aire y agua, se tienen contempladas otras medidas preventivas o programas de contingencia para evitar el deterioro del medio ambiente?

IV.- INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

Este apartado se deberá desglosar de acuerdo con los distintos capítulos que conforman el plan Nacional de Desarrollo y que tengan vinculación directa con el proyecto propuesto.

IV 1 Etapa de Construcción

Materiales requeridos por etapa de proyecto:

Material

Cantidad

IV 2 Requerimientos de Mano de Obra

IV.2.1 Construcción (desglose por etapas) y mantenimiento

IV 2.2 Funcionarios

IV.2.3 Técnicos

IV.2.4 Empleados

IV.2.5 Obreros

IV.3 Equipos requeridos por etapa del proyecto (en cantidad, tiempo estimado de uso, descripción).

IV 4 Requerimiento de Agua y Energía:

IV.4.1 Agua (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento).

IV 4.2 Agua Cruda

IV.4.3 Agua Potable

IV.4.4 Electricidad (origen, fuente de suministro, potencia, voltaje).

IV.4.5 Combustibles (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento)

IV.5 Etapa de Operación.

IV.5.1 Descripción del proyecto(anexar diagramas de flujo y de bloques).

IV.5.2 Metabolismo Industrial

IV.5.3 Descripción de líneas de producción, reacción principal y secundarias.

IV.6 Materias Primas, Productos y Subproductos manejados en el proceso.
(Especifique. sustancia, equipo, cantidad o volumen y concentración)

IV.7 Tipo de recipientes y/o envase de almacenamiento (Especifique características, tipo, dimensionamiento y cantidad o volumen por recipiente).

IV.7.1 Incluya información sobre las diversas sustancias involucradas en el proceso, en lo relativo a Toxicidad:

IDLH _____ (ppm o mg/m3)

TLV, 8 hrs. _____ (ppm o mg/m3)

TLV, 15 min. _____ (ppm o mg/m3)

IV.7.2 Daño Genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos.

IV.7.3 Explosividad: Límite Superior de Explosividad (%) _____

Límite Inferior de Explosividad (%) _____

IV.7.4 Inflamabilidad: Límite Superior de Inflamabilidad (%) _____

Límite Inferior de Inflamabilidad (%) _____

IV.7.5 Reactividad: Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación.

IV.7.6 Corrosividad: Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.

IV.7.7 Radioactividad: Clasificación de sustancias radioactivas.

IV.8 Equipos de Proceso y Auxiliares (descripción, características, tiempo estimado de uso y localización). Anexar plano del arreglo general de la planta, señalando distanciamientos existentes entre cada equipo. Se debe incluir:

- IV.8.1 Temperaturas extremas de operación
- IV.8.2 Presiones extremas de operación
- IV.8.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso
- IV.8.4 Características del régimen operativo de la instalación
- IV.8.5 Características de instrumentación y control
- IV.8.6 Origen de la Ingeniería básica del proceso
- IV.8.7 Antecedentes del Riesgo del proceso
- IV.8.8 Responsable de la Ingeniería de Detalle
- IV.8.9 Determinar y jerarquizar los riesgos en áreas de: Proceso, Almacenamiento y Transporte (en relación a transporte describir normas de seguridad y operación para captación y traslado de materias primas, productos y subproductos utilizados, que se consideren tóxicos, inflamables, explosivos, etc.)
- IV.8.10 Descripción de riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta señalando el área de afectación en un plano de localización a escala de 1: 50,000.
- IV.8.11 Definición y justificación de las zonas de protección alrededor de la instalación.
- IV.8.12 Descripción de medidas de seguridad y operación para abatir el riesgo.
- IV.8.13 Respuesta a la lista de comprobaciones de seguridad.

IV.9 Residuos Principales (características y volúmen)

- IV.9.1 Emisiones atmosféricas
- IV.9.2 Descarga de aguas residuales
- IV.9.3 Residuos sólidos: Industriales y Domésticos

IV.10 Sistema y tecnología de control y tratamiento (descripción general, características, capacidad)

IV.11 Disposición final	Aguas tratadas y sin tratar
Volumen y composición	Residuos sólidos
Cuerpo receptor	Factibilidad de Reciclaje

- IV.12 Usos del agua corriente abajo del proyecto, (abastecimiento público, riego, recreo, hábitat de especies acuáticas únicas o valiosas).
No contestar en caso de que la descarga se realice a la red de alcantarillado municipal.

APENDICE B

Guía de Elaboración Modalidad Análisis de Riesgo

I.-DATOS GENERALES:

(Escriba la información solicitada de manera legible y sin abreviaturas, en caso de estar involucrados varios departamentos en el plan o proyecto, anótelos e indique cuál es el responsable).

I.1 Nombre de la empresa u Organismo

I.2 Registro Federal de Causante de la Empresa

I.3 Objeto de la Empresa u Organismo

I.4 Cámara o Asociación a la que pertenece

I.4.1 Número de Registro de la Cámara o Asociación

I.4.2 Fecha

I.5 Instrumento Jurídico mediante el cual se constituyó la empresa u organismo (escritura pública, decreto de creación, etc.)

I.6 Departamento Proponente

I.6.1 Domicilio para oír y recibir notificaciones

Estado	_____	Ciudad	_____
Municipio	_____	Localidad	_____
Código Postal	_____	Teléfono	_____

I.6.2 Nombre completo de la persona responsable del estudio.

Anexar comprobante que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.

I.6.3 Puesto

I.6.4 Instrumento jurídico mediante el cual se concede poder suficiente al responsable para suscribir el presente documento (mandato, nombramiento, etc.). Anexar comprobante.

I.6.5 Firma del responsable bajo protesta de decir verdad

II - DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PLAN O PROYECTO

(Proporcione información en forma concisa y breve, anexe información en hojas adicionales si es necesario. Cuando la localización del predio sea fácilmente identificable, no es necesario indicar las coordenadas en el punto II 2 1)

II 1 Nombre del proyecto

II.1 1 Naturaleza del proyecto (descripción general, capacidad proyectada, inversión, vida útil).

II.1.2 Planes de crecimiento futuro

II 2 Ubicación del proyecto

Estado _____ Municipio - _____ Localidad _____

Anexe planos de localización, marcando puntos importantes de interés cercanos al plan o proyecto, la escala de plano puede ser 1:20 000, 1:25 000 en la microregión y 1: 100 000 en la región.

II.2.1 Coordenadas del predio

II.2 2 Describir las colindancias del predio y los usos del suelo en un radio de 200 metros en su entorno, anotando los datos pertinentes del registro público de la propiedad correspondiente.

II.2 3 Superficie Total _____ (m²) Requerida _____ (m²)

II.2.4 Origen Legal del predio (compra, venta, concesión, expropiación, arrendamiento, etc.).

II.2.5 Descripción de acceso (marítimo, terrestres y/o aéreos).

II.2.6 Infraestructura necesaria (actual y proyectada)

II 3 Actividades conexas (industriales, comerciales, y de servicios).

II.4 Lineamiento y programas de contratación de personal

II 5 Programas de capacitación y adiestramiento de personal

II.6 Especifique si cuentan con otras autorizaciones oficiales para realizar la actividad propuesta (licencia de funcionamiento, permiso de uso de suelo, etc.). Anexar comprobantes.

III.- ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO

(Describa el sitio seleccionado para la realización del proyecto, bajo los siguientes parámetros, conteste de manera afirmativa o negativa y especifique los elementos relevantes en su caso).

III.1 ¿Es una zona de cualidades estéticas únicas o excepcionales?
(por ejemplo, miradores sobre paisajes costeros naturales)

III.2 ¿Es o se encuentra cercano a una zona donde hay hacinamiento?

III.3 ¿Es o se encuentra cercano a un recurso acuático?

III.4 ¿Es o se encuentra cercano a un lugar o zona de atracción turística?

III.5 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de recreo?

III.6 ¿Es o se encuentra cercano a zonas que se reservan o debieran reservarse para hábitat de fauna silvestre?

III.7 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de especies acuáticas?

III.8 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de ecosistemas excepcionales?

III.9 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de centros culturales, religiosos o históricos del país?

III.10 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de parajes para fines educativos (por ejemplo: zonas ricas en características geológicas o arqueológicas)?[®]

III.11 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de pesquerías comerciales?

III.12 ¿Se están evaluando otros sitios donde sería posible establecer el proyecto?

¿Cuáles son?

III.13 ¿Se encuentra incluido el sitio seleccionado para el proyecto en un programa de planificación adecuado o aplicable (por ejemplo: el plan de ordenamiento ecológico del área)?

III.14 ¿Qué actividades se desarrollan dentro de un radio aproximado de 10 Km. del área del proyecto?

() Tierras cultivables

() Bosques

- () Actividades Industriales (incluidas minas)
- () Actividades comerciales o de negocios
- () Centros urbanos
- () Núcleos residenciales
- () Centros rurales
- () Zona de uso restringido (por motivos culturales, históricos, arqueológicos o reservas ecológicas)
- () Cuerpos de agua

III.15 ¿Está el lugar ubicado en una zona susceptible a:

- () Terremotos (Sismicidad)
- () Corrimientos de tierra
- () Derrumbamientos o hundimientos
- () Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)
- () Inundaciones (historial de 10 años, promedio anual de precipitaciones pluvial)
- () Pérdidas de suelo debido a la erosión
- () Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión.
- () Riesgos radiológicos

III 16 ¿Ha habido informes sobre contaminación del aire, de las aguas o por residuos sólidos debido a otras actividades en la zona del proyecto?
Describir.

III.17 ¿Existirán durante las etapas de construcción y operación del proyecto, niveles de ruido que pudieran afectar a las poblaciones cercanas a él?

III 18 ¿Existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto?

III 19 ¿Existen especies animales, vegetales, (terrestre o acuáticas) en peligro de extinción o únicas, dentro del área del proyecto?

III.20 ¿Existirá alguna afectación a los hábitats presentes?
Describa en términos de su composición biológica, física y su grado actual de degradación.

III.21 ¿Es la economía del área exclusivamente de subsistencia?

III.22 ¿Cuál es el ingreso medio anual per capita de los habitantes del área del proyecto (en un radio de 10 Km.) en relación con el resto del país?
Describa también los aspectos demográficos y socioeconómicos del área de interés.

III.23 ¿Crearé el proyecto una demanda excesiva de:

- () Fuerza de trabajo de la localidad?
- () Servicios para la comunidad? (vivienda y servicios en general)
- () Sistema de servicios públicos y de comunicaciones?
- () Instalaciones o servicios de eliminación de residuos?
- () Materiales de Construcción?

III.24 ¿Cortará o aislará sectores de núcleos urbanos, vecindarios (barrios o distritos) o zonas étnicas o creará barreras que obstaculicen la cohesión y continuidad cultural de vecindarios?

III 25 ¿Además de los equipos de control de la contaminación del suelo, aire y agua, se tienen contempladas otras medidas preventivas o programas de contingencia para evitar el deterioro del medio ambiente?

IV - INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

Este apartado se deberá desglosar de acuerdo con los distintos capítulos que conforman el plan Nacional de Desarrollo y que tengan vinculación directa con el proyecto propuesto.

IV 1 Etapa de Construcción

Materiales requeridos por etapa de proyecto:

Material

Cantidad

IV 1 1 Requerimientos de Mano de Obra

IV.1.2 Construcción (desglose por etapas) y mantenimiento

IV.1 2 1 Funcionarios

IV.1.2.2 Técnicos

IV.1.2.3 Empleados

IV.1.2.4 Obreros

IV.1 3 Equipos requeridos por etapa del proyecto (en cantidad, tiempo estimado de uso, descripción).

IV 1 4 Requerimiento de Agua y Energía:

IV.1.4.1 Agua (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento).

IV 1.4.2 Agua Cruda

IV.1.4.3 Agua Potable

IV 1.4 4 Electricidad (origen, fuente de suministro, potencia, voltaje).

IV.1.4.5 Combustibles (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento).

IV 2 Etapas de Operación

IV.2 1 Descripción del proyecto(anexar diagramas de flujo y de bloques).

IV 2 2 Metabolismo Industrial

IV 2 3 Descripción de líneas de producción, reacción principal y secundarias

IV.2 4 Materias Primas, Productos y Subproductos manejados en el proceso (Especifique: sustancia, equipo, cantidad o volumen y concentración)

IV 2 5 Tipo de recipientes y/o envase de almacenamiento (Especifique características, tipo, dimensionamiento y cantidad o volumen por recipiente).

IV 3 Sustancias involucradas en el proceso

IV 3.1 Componentes riesgosos

IV 3 1.1 Porcentaje y nombre de componentes riesgosos

IV 3 1.2 Número CAS

IV.3 1.3 Número de Naciones Unidas

IV 3.1 4 Nombre del fabricante o importador

IV.3 1 5 En caso de emergencia comunicarse al teléfono
o fax # _____

IV 3 2 Precauciones especiales

IV.3.2.1 Precauciones que deben ser tomadas en cuenta para el manejo y almacenamiento.

IV 3.2.2 Especificar cumplimiento de acuerdo a la reglamentación de transporte.

IV.3.2.3 Especificar cumplimiento de acuerdo a la reglamentación ecológica.

IV.3.2.4 Otras precauciones

IV 3 3 Propiedades físicas

Datos de las sustancias peligrosas que se manejan como: materia prima, producto y subproducto.

IV 3 3 1 Nombre comercial _____ Nombre químico _____

IV.3 3.2 Sinónimos _____

IV 3 3.3 Fórmula química _____ Estado físico _____

IV.3.3 4 Peso molecular _____ (g./ gmol)

- IV.3.3.5 Densidad a temperatura inicial (T1) _____ (g/mL).
- IV.3.3.6 Punto de Ebullición _____ (°C)
- IV.3.3.7 Calor de evaporación a (T2) _____ (cal/g.)
- IV.3.3.8 Calor de combustión (como líquido) _____ (BTU/lb)
- IV.3.3.9 Calor de combustión (como gas) _____ (BTU/lb)
- IV.3.3.10 Temperatura del líquido en el proceso _____ (°C)
- IV.3.3.11 Volumen a condiciones normales _____ (ft)
- IV.3.3.12 Volumen del proceso _____ (gal)
- IV.3.3.13 Presión de vapor _____ (mm de Hg a 20°C)
- IV.3.3.14 Densidad de vapor, (aire = 1) _____
- IV.3.3.15 Reactividad en agua
- IV.3.3.16 Velocidad de evaporación, (butil- cetona =1) _____
- IV.3.3.17 Temperatura de autoignición
- IV.3.3.18 Temperatura de fusión, (°C)
- IV.3.3.19 Densidad relativa
- IV.3.3.20 Solubilidad en agua
- IV.3.3.21 Estado físico, color y olor
- IV.3.3.22 Punto de Inflamación
- IV.3.3.23 Por ciento de volatilidad
- IV.3.3.24 Otros datos

IV.3.4 Riesgos para la salud

- IV.3.4.1 Ingestión accidental
- IV.3.4.2 Contacto con los ojos
- IV.3.4.3 Contacto con la piel
- IV.3.4.4 Absorción
- IV.3.4.5 Inhalación
- IV.3.4.6 Toxicidad

IDLH _____ (ppm o mg/m3)

TLV, 8 hrs. _____ (ppm o mg/m3)

TLV, 15 min. _____ (ppm o mg/m3)

- IV.3.4.7 Daño Genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos, por ejemplo Instructivo No.10 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social

IV.3.5 Riesgo de fuego o explosión.

IV.3.5.1 Medios de Extinción:

- () Niebla de agua
- () Espuma
- () Halon
- () CO₂

- () Polvo químico seco
- () Otros

IV.3.5.2 Equipo especial de protección, (general), para combate de incendio.

IV.3.5.3 Procedimiento especial de combate de incendio

IV.3.5.4 Condiciones que conducen a un peligro de fuego y explosión no usuales.

IV.3.5.5 Productos de Combustión.

IV 3.5.6 Inflamabilidad:

Límite Superior de Inflamabilidad (%) _____

Límite Inferior de Inflamabilidad (%) _____

IV.3.6 Datos de reactividad

IV.3.6.1 Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación.

IV.3.6.2 Estabilidad de las sustancias

IV.3.6.3 Condiciones a evitar

IV.3.6.4 Incompatibilidad

IV.3.6.5 Descomposición de componentes peligrosos

IV.3.6.6 Polimerización peligrosa

IV.3.6.7 Condiciones a evitar

IV.3.7 Corrosividad

Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.

IV.3.8 Radioactividad

Clasificación de sustancias por su radioactividad.

IV 4 Residuos Principales

(Características, volumen, emisiones atmosféricas, descarga de aguas residuales).

IV.4.1 Residuos sólidos: Industriales y Domésticos

IV.4.2 Sistema y tecnología de control y tratamiento (descripción general, características y capacidad).

IV.4.3 Disposición final: (Volumen, composición y cuerpos receptores)

IV.4.4 Aguas tratadas

IV.4.5 Residuos sólidos

IV.4.6 Factibilidad de reciclaje

IV 4.7 Uso del agua corriente abajo del proyecto(abastecimiento público,

riego, recreo, deporte, hábitat de especies acuáticas únicas o valiosas) No contestar en caso de que la descarga se realice a la red de alcantarillado municipal.

IV 5 Condiciones de Operación

IV 5 1 Características de instrumentación y control (incluir diagrama lógico de control, y planos de tubería e instrumentación).

IV 5 2 Métodos usados y bases de diseño en el dimensionamiento y capacidad de los sistemas de relevo y venteo.

IV.5 3 Equipos de proceso y auxiliares (descripción, características, tiempo estimado de uso y localización)

IV 5 4 Incluir: Temperaturas extremas de operación, presiones extremas de operación y estado físico de las diversas corrientes del proceso

IV 5 5 Características del régimen de la instalación.

IV.5 6 Características de los recipientes y/o envases para almacenamiento (tipo de recipientes y/o envases, diámetro del recipiente, tipo de material, capacidad y densidad máxima de llenado).

V. RIESGO AMBIENTAL

V 1 Antecedentes de riesgo en el proceso

**V 2 Determinar y jerarquizar los riesgos en áreas de:
Proceso, Almacenamiento, Transporte.**

V 3 Describir los riesgos potenciales de accidentes ambientales por:

V 3 1 Fugas de productos tóxicos o carcinogénicos

V 3 2 Derrame de productos tóxicos

V 3.3 Explosión

V 4 Descripción de medidas de seguridad y operación para abatir el riesgo

V 5 Describir los dispositivos de seguridad con que se cuenta para el control de eventos extraordinarios.

V 6 Descripción de Normas de seguridad y operación para captación y traslado de materias primas, productos y subproductos utilizados que se consideran tóxicos, inflamables, explosivos, etc.

V 7 Descripción de rutas de traslado de sustancias que se consideren tóxicas, inflamables, explosivas, etc.

V 8 Descripción del entrenamiento para la capacitación de los operarios de los transportes.

V 9 Descripción de riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta, señalando el área de afectación en un plano de localización a escala 1:5000.

V 10 Definición y justificación de las zonas de protección alrededor de la instalación.

V 11 Respuesta a la lista de comprobaciones detallada de seguridad.

V 12 Descripción de auditorías de seguridad.

V 13 Drenajes y efluentes acuosos

V 13.1

V 13.2

V 13.3 Frecuencia de monitoreo de la calidad fisicoquímica de los efluentes y parámetros analizados en los mismos.

V.13.4 Registro y medición de los gastos volumétricos de los efluentes.

V.13.5 Tratamiento y disposición actual de los efluentes

V 13.6 Manifiesto y condiciones particulares de descarga de efluentes.

V 13.7 Colectores o cuerpos de agua de descarga de sus efluentes.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



APENDICE C

Guía para la elaboración del Análisis Detallado de Riesgo.

I.-DATOS GENERALES:

(Escriba la información solicitada de manera legible y sin abreviaturas, en caso de estar involucrados varios departamentos en el plan o proyecto, anótelos e indique cuál es el responsable).

I 1 Nombre de la empresa u Organismo

I 2 Registro Federal de Causante de la Empresa

I.3 Objeto de la Empresa u Organismo

I 4 Cámara o Asociación a la que pertenece

I 4.1 Número de Registro de la Cámara o Asociación

I.4.2 Fecha

I 5 Instrumento Jurídico mediante el cual se constituyó la empresa u organismo (escritura pública, decreto de creación, etc.)

I 6 Departamento Proponente

I 6.1 Domicilio para oír y recibir notificaciones

Estado _____ Ciudad _____
 Municipio _____ Localidad _____
 Código Postal _____ Teléfono _____

I.6.2 Nombre completo de la persona responsable del estudio.

Anexar comprobante que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.

I.6.3 Puesto

I 6 4 Instrumento jurídico mediante el cual se concede poder suficiente al responsable para suscribir el presente documento (mandato, nombramiento, etc.). Anexar comprobante.

I.6.5 Firma del responsable bajo protesta de decir verdad

II.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PLAN O PROYECTO

(Proporcione información en forma concisa y breve, anexe información en hojas adicionales si es necesario. Cuando la localización del predio sea fácilmente identificable, no es necesario indicar las coordenadas en el punto II.2.2)

II 1 Nombre del proyecto

II 1.1 Naturaleza del proyecto (descripción general, capacidad proyectada, inversión, vida útil).

II 1.2 Planes de crecimiento futuro

II 2 Ubicación del proyecto

Estado _____ Municipio _____ Localidad _____

Anexe planos de localización, marcando puntos importantes de interés cercanos al plan o proyecto, la escala de plano puede ser 1: 20 000, 1:25 000 en la microregión y 1: 100 000 en la región.

II.2.1 Descripción de las características : geológicas, topográficas y climatológicas del sitio de la instalación del proyecto anexe mapa del sitio y sus alrededores a una escala lo suficientemente grande que muestre todos los componentes que pueden ser significativos en la identificación del riesgo.

II.2.2 Coordenadas del predio

II 2.3 Describir las colindancias del predio y los usos del suelo en un radio de 200 metros en su entorno, anotando los datos pertinentes del registro público de la propiedad correspondiente.

II 2.4 Superficie Total _____(m2) Requerida _____(m2)

II.2.5 Origen Legal del predio (compra, venta, concesión, expropiación, arrendamiento, etc.).

II.2.6 Descripción de acceso (marítimo, terrestres y/o aéreos).

II 2.7 Infraestructura necesaria (actual y proyectada)

II.3 Actividades conexas (industriales, comerciales, y de servicios).

II.4 Lineamiento y programas de contratación de personal

II.5 Programas de capacitación y adiestramiento de personal

II.6 Especifique si cuentan con otras autorizaciones oficiales para realizar la actividad propuesta (licencia de funcionamiento, permiso de uso de suelo, etc.) Anexar comprobantes.

III - ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO

(Describa el sitio seleccionado para la realización del proyecto, bajo los siguientes parámetros, conteste de manera afirmativa o negativa y especifique los elementos relevantes en su caso).

III.1 ¿Es una zona de cualidades estéticas únicas o excepcionales?
(por ejemplo, miradores sobre paisajes costeros naturales)

III.2 ¿Es o se encuentra cercano a una zona donde hay hacinamiento?

III.3 ¿Es o se encuentra cercano a un recurso acuático? (lago, río, etc)

III.4 ¿Es o se encuentra cercano a un lugar o zona de atracción turística?

III.5 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de recreo (parques, escuelas, hospitales)?

III.6 ¿Es o se encuentra cercano a zonas que se reservan o debieran reservarse para hábitat de fauna silvestre?

III.7 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de especies acuáticas?

III.8 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de ecosistemas excepcionales?

III.9 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de centros culturales, religiosos o históricos del país?

III.10 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de parajes para fines educativos (por ejemplo: zonas ricas en características geológicas o arqueológicas)?

III.11 ¿Es o se encuentra cercano a una zona de pesquerías comerciales?

III.12 ¿Se están evaluando otros sitios donde sería posible establecer el proyecto? ¿Cuáles son?

III.13 ¿Se encuentra incluido el sitio seleccionado para el proyecto en un programa de planificación adecuado o aplicable (por ejemplo: el plan de ordenamiento ecológico del área)?

III.14 ¿Qué actividades se desarrollan dentro de un radio aproximado de 10 Km. del área del proyecto?

- Tierras cultivables
- Bosques
- Actividades Industriales (incluidas minas)
- Actividades comerciales o de negocios
- Centros urbanos
- Núcleos residenciales
- Centros rurales
- Zona de uso restringido (por motivos culturales, históricos, arqueológicos o reservas ecológicas)
- Cuerpos de agua

III.15 ¿Está el lugar ubicado en una zona susceptible a:

- Terremotos (Sismicidad)
- Corrimientos de tierra
- Derrumbamientos o hundimientos
- Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc)
- Inundaciones (historial de 10 años, promedio anual de precipitación pluvial)
- Pérdidas de suelo debido a la erosión
- Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión.
- Riesgos radiológicos

III.16 ¿Ha habido informes sobre contaminación del aire, de las aguas o por residuos sólidos debido a otras actividades en la zona del proyecto? Describir.

III.17 ¿Existirán durante las etapas de construcción y operación del proyecto, niveles de ruido que pudieran afectar a las poblaciones cercanas a él?

III.18 ¿Existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto?

III 19 ¿Existen especies animales, vegetales, (terrestre o acuáticas) en peligro de extinción o únicas, dentro del área del proyecto?

III 20 ¿Existirá alguna afectación a los hábitats presentes?

Describe en términos de su composición biológica, física y su grado actual de degradación.

III 21 ¿Es la economía del área exclusivamente de subsistencia?

III 22 ¿Cuál es el ingreso medio anual per capita de los habitantes del área del proyecto (en un radio de 10 Km.) en relación con el resto del país? Describe también los aspectos demográficos y socioeconómicos del área de interés.

III.23 ¿Crearé el proyecto una demanda excesiva de:

- () Fuerza de trabajo de la localidad?
- () Servicios para la comunidad? (vivienda y servicios en general)
- () Sistema de servicios públicos y de comunicaciones?
- () Instalaciones o servicios de eliminación de residuos?
- () Materiales de Construcción?

III.24 ¿Cortará o aislará sectores de núcleos urbanos, vecindarios (barrios o distritos) o zonas étnicas o creará barreras que obstaculicen la cohesión y continuidad cultural de vecindarios?

III 25 ¿Además de los equipos de control de la contaminación del suelo, aire y agua, se tienen contempladas otras medidas preventivas o programas de contingencia para evitar el deterioro del medio ambiente?

IV - INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.

Este apartado se deberá desglosar de acuerdo con los distintos capítulos que conforman el plan Nacional de Desarrollo y que tengan vinculación directa con el proyecto propuesto.

ETAPA DE CONTRUCCIÓN DEL PROYECTO

A.- Requerimiento de recursos materiales y humanos.

1.- Materiales requeridos por etapa de proyecto:

<u>Material</u>	<u>Cantidad</u>
-----------------	-----------------

2 - Requerimientos de Mano de Obra

-Construcción (desglose por etapas) y mantenimiento

- Funcionarios
- Técnicos
- Empleados
- Obreros

B.- Requerimiento de Agua y Energía:

- 1 Agua (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento).
 Agua Cruda
 Agua Potable
- 2 Electricidad (origen, fuente de suministro, potencia, voltaje).
- 3 Combustibles (origen, suministro, cantidad, características, almacenamiento)

DISEÑO DEL PROCESO

IV 1 Elaborar breve descripción de la historia del proceso

IV 2 Describir en forma detallada la selección de la ingeniería básica del proceso tomando como base las características de los materiales involucrados.

IV 3 Características de los materiales involucrados en el proceso (materias primas, productos, subproductos o residuos).

Nombre comercial _____ Nombre químico _____

Fórmula química _____ Estado físico _____

Peso molecular _____ (g /gmol)

Densidad a temperatura inicial (T_1) _____ (g / ml)

Punto de Ebullición _____ (°C)

Calor de vaporización _____ (cal/g)

Calor de combustión (como gas) _____ (BTU/lb)

Temperatura del líquido en proceso _____ (°C)

Volumen a condiciones normales _____ (ft)

Volumen del proceso _____ (gal)

Masa de la sustancia emitida _____ (k)

Gasto de la sustancia en la fuente _____ (gal/s)

Gasto volumétrico de emisión _____ (m³/s)

IV.3.1 Toxicidad:

IDLH _____ (ppm o mg/m³)

TLV, 8 hrs. _____ (ppm o mg/m³)

TLV, 15 min. _____ (ppm o mg/m³)

IV.3.2 Daño Genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos.

IV 3 3 Explosividad:

Límite Superior de Explosividad (%) _____

Límite Inferior de Explosividad (%) _____

IV.3.4 Inflamabilidad:

Límite Superior de Inflamabilidad (%) _____

Límite Inferior de Inflamabilidad (%) _____

IV 3 5 Reactividad: Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación.

IV 3 6 Corrosividad. Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.

IV 3 7 Radioactividad: Clasificación de sustancias radioactivas.

IV.3.8 Describir las características termodinámicas del proceso

IV.3 9 Describir las características de diseño y operativas de los equipos de alto riesgo (reactores, equipos de destilación, sistemas de refrigeración y transferencia térmica).

IV.3.10 Describir la cinética de las reacciones llevadas a cabo en el proceso, bajo condiciones normales y anormales.

IV 3.11 Describir en forma detallada sobre planta piloto

IV.3.12 Anexar diagramas de flujo de proceso, balance de materia y de energía.

IV.3.13 Especificar en forma detallada sobre el equipo básico de proceso en lo referente a :

- Bases de diseño
- Condiciones de operación
- Factores de seguridad
- Dimensiones
- Pruebas de operabilidad

IV 4 Indicar las sustancias que se consideren de riesgo involucradas en el proceso y sus cantidades de almacenaje.

IV 4 1 Proceso

IV 4.2 Almacenaje (tipo, capacidad, etc.)

IV 5 Arreglo general de la planta

IV 5.1 Anexar plano a escala con la distribución de los diversos equipos de proceso en función de los accidentes probables.

IV 5.2 Describir e identificar los riesgos más relevantes del proceso.

IV 5.3 Anexar plano (diagrama de pétalos) que muestre las áreas afectadas, por el riesgo más relevante del proceso.

IV 5.4 Describir justificación de accesos y escapes.

IV 6 Diseño mecánico

IV.6.1 Anexar planos de detalle de los principales equipos de proceso.

IV.6.2 Anexar plano a escala de instrumentación y tuberías

IV 6 3 Describir normas de materiales y diseño de los equipos y sistemas de conducción.

IV.6.4 Describir los sistemas de desfogue existentes en la planta.

IV.7 Diseño del Servicio

IV 7 1 Anexar planos generales de los sistemas de servicio

IV.7.2 Descripción de análisis de confiabilidad de los servicios externos e internos.

IV.7.3 Descripción y justificación de los sistemas redundantes de servicios.

IV 8 Diseño Civil y Estructural

IV 8.1 Describir el diseño sísmico de la instalación

IV 8.2 Describir normas y especificaciones de los materiales de construcción.

IV.8.3 Especificar en forma detallada las bases de diseño para el cuarto de control.

IV 9 Diseño de la Instrumentación

IV.9.1 Indicar las bases de diseño de los sistemas de instrumentación utilizados.

IV 9 2 Especificaciones de los principales elementos del sistema de Instrumentación.

IV 10 Diseño de los sistemas de control de accidentes.

IV 11 Describir las bases de diseño de los sistemas de aislamiento y contención.

IV 11.1 Anexar planos generales de los sistemas de aislamiento y contención.

IV.12 Sistemas contra incendio

IV.12 1 Describir las bases de diseño de los sistemas integrales de protección contra incendio, (sistema de aspersión, sistema de hidrantes y monitores, así como también describir el diseño de almacenamiento y distribución de agua y bombeo).

IV.12 2 Anexar planos generales de la planta donde se indique la localización de los sistemas integrales de protección contra incendio.

V ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO

V.1 Identificación de riesgos

Describir los efectos de riesgo que pueden presentarse tanto en forma accidental como premeditada, las posibles causas, sus consecuencias, y las acciones requeridas para eliminar y reducir los efectos negativos detectados.

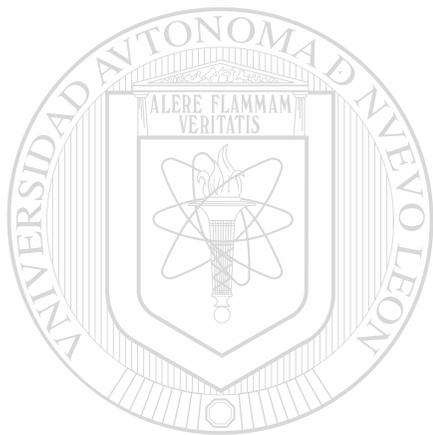
EFFECTOS	CAUSAS	CONSECUENCIAS	ACCIONES REQUERIDAS

V 2 Evaluación de Riesgo

Describir los probables eventos de alto riesgo y las posibles fallas primarias que dan origen.

V.3 Modelación de los eventos máximos probables de riesgo.**VI. AUDITORIAS DE SEGURIDAD**

VI 1 Presentar anualmente reporte periódico del resultado de auditorías de seguridad practicadas a todas las instalaciones de la planta.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

